

ZUR
HERSTELLUNG UND LAGERUNG
VON ROHEN SPALTSCHINKEN

Konstantinos Zoulfos

1982
—



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554009_0029

Aus dem Institut für Hygiene und Technologie der
Lebensmittel tierischen Ursprungs der
Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Lehrstuhl Prof. Dr. Dr. h.c. L. Kotter

ZUR HERSTELLUNG UND LAGERUNG VON
ROHEN SPALTSCHINKEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Konstantinos ZOULFOS
aus
Elasson/Griechenland
München 1982

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. G. Terplan

Referent: Prof. Dr. Dr. h.c. L. Kotter

Korreferent: Priv.Do. Dr. Dr. habil. H. Petry

Tag der Promotion: 30. Juli 1982



1.0	Introduction	1
2.0	General Information	2
3.0	Scope of the Project	3
4.0	Objectives	4
5.0	Methodology	5
6.0	Results	6
7.0	Conclusions	7
8.0	References	8
9.0	Appendices	9
10.0	Index	10
11.0	Glossary	11
12.0	Abbreviations	12
13.0	Acronyms	13
14.0	Footnotes	14
15.0	Endnotes	15
16.0	References	16
17.0	Appendices	17
18.0	Index	18
19.0	Glossary	19
20.0	Abbreviations	20
21.0	Acronyms	21
22.0	Footnotes	22
23.0	Endnotes	23
24.0	References	24
25.0	Appendices	25
26.0	Index	26
27.0	Glossary	27
28.0	Abbreviations	28
29.0	Acronyms	29
30.0	Footnotes	30
31.0	Endnotes	31
32.0	References	32
33.0	Appendices	33
34.0	Index	34
35.0	Glossary	35
36.0	Abbreviations	36
37.0	Acronyms	37
38.0	Footnotes	38
39.0	Endnotes	39
40.0	References	40
41.0	Appendices	41
42.0	Index	42
43.0	Glossary	43
44.0	Abbreviations	44
45.0	Acronyms	45
46.0	Footnotes	46
47.0	Endnotes	47
48.0	References	48
49.0	Appendices	49
50.0	Index	50
51.0	Glossary	51
52.0	Abbreviations	52
53.0	Acronyms	53
54.0	Footnotes	54
55.0	Endnotes	55
56.0	References	56
57.0	Appendices	57
58.0	Index	58
59.0	Glossary	59
60.0	Abbreviations	60
61.0	Acronyms	61
62.0	Footnotes	62
63.0	Endnotes	63
64.0	References	64
65.0	Appendices	65
66.0	Index	66
67.0	Glossary	67
68.0	Abbreviations	68
69.0	Acronyms	69
70.0	Footnotes	70
71.0	Endnotes	71
72.0	References	72
73.0	Appendices	73
74.0	Index	74
75.0	Glossary	75
76.0	Abbreviations	76
77.0	Acronyms	77
78.0	Footnotes	78
79.0	Endnotes	79
80.0	References	80
81.0	Appendices	81
82.0	Index	82
83.0	Glossary	83
84.0	Abbreviations	84
85.0	Acronyms	85
86.0	Footnotes	86
87.0	Endnotes	87
88.0	References	88
89.0	Appendices	89
90.0	Index	90
91.0	Glossary	91
92.0	Abbreviations	92
93.0	Acronyms	93
94.0	Footnotes	94
95.0	Endnotes	95
96.0	References	96
97.0	Appendices	97
98.0	Index	98
99.0	Glossary	99
100.0	Abbreviations	100

MEINEN LIEBEN ELTERN

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1	1
2	2
2.1	2
2.1.1	2
2.1.2	9
2.1.2.1	9
2.1.2.2	16
	20
2.1.2.3.1	20
2.1.2.4	26
2.1.3	30
2.1.3.1	30
2.1.3.2	34
2.1.3.3	40
2.1.3.4	45
2.1.3.5	49
2.2	52
3	59
3.1	59
3.1.1	59

3.1.2	HERSTELLUNG DER ROHEN SPALTSCHINKEN	60
3.1.3	MESSUNGEN UND ANALYSEN	63
3.2	ERGEBNISSE	72
3.2.1	UNTERSUCHUNGEN WÄHREND DER HERSTELLUNG	72
3.2.1.1	KOCHSALZ- UND PÖKELSTOFFGEHALTE NACH DER TROCKENPÖKELUNG	72
3.2.1.2	KOCHSALZ- UND PÖKELSTOFFGEHALTE NACH DER NASSPÖKELUNG	73
3.2.1.3	KOCHSALZ- UND PÖKELSTOFFGEHALTE NACH DEM DURCHBRENNEN	74
3.2.1.4	KOCHSALZ- UND PÖKELSTOFFGEHALTE NACH DEM RÄUCHERN	75
3.2.1.5	KOCHSALZ- UND PÖKELSTOFFGEHALTE NACH DEM NACHREIFEN	76
3.2.1.6	GEWICHTE UND pH-WERTE NACH DEN EINZELNEN HERSTELLUNGSPHASEN	77
3.2.1.7	BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE	79
3.2.2	UNTERSUCHUNG VOR UND NACH 2-, 4- und 9WÖCHIGER LAGERUNG (AUF GEWICHT, KOCHSALZ, NITRIT, NITRAT, UMRÜTUNG, WASSER, FETT, ROHPROTEIN, pH-WERT)	86
3.2.2.1	STATUS NACH DEM NACHREIFEN (VOR EINLEITUNG DER LAGERVERSUCHE)	86
3.2.2.2	UNTERSUCHUNG VON SCHEIBEN AUS VAKUUMVERPACKTER UND UNVERPACKTER WARE NACH 2-, 4- UND 9WÖCHIGER LAGERUNG EINSCHLIESSLICH EINER SENSORISCHEN BEURTEILUNG	87

	Seite
3.2.2.3	BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE 96
3.2.2.4	UNTERSUCHUNG VON KERN- UND RAND- ZONEN VAKUUMVERPACKTER UND UNVERPACKTER WARE NACH 2-, 4- UND 9WÖCHIGER LAGERUNG 104
3.2.2.5	BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE 116
4	DISKUSSION 128
5	ZUSAMMENFASSUNG 136
6	LITERATURVERZEICHNIS 140

1 EINLEITUNG

Für Rohpökelfwaren wird in der Regel bestes Ausgangsmaterial verwendet. Verluste in diesem Bereich wiegen besonders schwer. Genauere Kenntnisse über die bei der Herstellung und der weiteren Behandlung der Rohpökelfwaren ablaufenden Vorgänge sind deshalb besonders wichtig geworden, weil der Verordnungsgeber die Verwendung der Pökelfstoffe (Nitrit und Nitrat) erheblich eingeschränkt hat. Diese Einschränkungen haben die Hersteller von Rohpökelfwaren vor besondere Probleme gestellt, weil diese weiterhin gute Pökelfarbe, gutes Pökelfaroma, gute Haltbarkeit und vor allem eine vorsorgliche Dekontamination im Hinblick auf das nicht auszuschließende Vorkommen von Lebensmittelvergiftungen (u.a. *Clostridium botulinum*) garantieren sollen (74). Bevorzugt geht es um die Diffusion der Pökelfstoffe, die nicht nur vom Pökelfstoffangebot abhängt, sondern z.B. auch von Ausgangsmaterial, Pökelftemperatur und Pökelfzeit.

In dieser Arbeit sollten als erstes Veränderungen der Gewichte, der pH-Werte und der Gehalte an Kochsalz und Pökelfstoffen studiert werden. Des weiteren war abzuklären, wie sich unverpackte und vakuumverpackte Ware während der Lagerung in den Gehalten an Wasser, Eiweiß, Fett, Kochsalz, Nitrit und Nitrat sowie in pH-Wert, Umrötung und Aroma unterscheiden. Neben ganzen Schinken-Scheiben waren Kern- und Randzonen zu untersuchen.

2 LITERATUR

2.1 PÖKELN VON ROHPÖKELWAREN

2.1.1 PÖKELVERFAHREN

Der Pökelerfolg hängt beim Schweinefleisch wesentlich von der Qualität und Beschaffenheit des Rohmaterials ab. Alter, Geschlecht und Zustand der Tiere im Augenblick der Schlachtung spielen eine besonders wichtige Rolle. Schweine im Alter von 7-9 Monaten (18) oder einem Mastgewicht von ca. 100 bis 110 kg (60) liefern i.d.R. gute Pökelfprodukte. Im allgemeinen wird bei +4 °C gekühltes Rohmaterial wenige Tage nach der Schlachtung verwendet. Die Verarbeitung von vorher gefroren gewesenem Material ist prinzipiell möglich, ergibt jedoch vermehrt technologische Probleme und manchmal Einschränkungen in der Qualität des Endproduktes (147). Rohmaterial mit pH-Werten zwischen 5,8 und 6,0 ist für die Herstellung roher Pökelfleischwaren besonders geeignet (29). Die Verwendung von PSE-Fleisch (s.S. 36) ist mit gewissen Einschränkungen möglich; bei großen Fleischstücken haben die verschiedenen Muskelgruppen jedoch oft unterschiedliche Pökelfähigkeit woraus unterschiedliche Pökelfarbe resultiert, was bei kleineren Pökelfleischstücken (z.B. Nußschinken, Lachsschinken) weniger zu befürchten ist. DFD-Fleisch (s.S. 37) ist bakteriell anfälliger, weist eingeschränkte Pökelfähigkeit auf und ist für rohe Pökelfleischwaren ungeeignet (54, 57, 147).

Grundsätzlich gibt es zwei Pökelungsarten, die Trocken- und die Naßpökung; alle anderen Verfahren sind Modifikationen derselben.

Bei der Trockenpökellung werden die Fleischstücke mit einer Mischung von Kochsalz und Salpeter und/oder Nitritpökelsalz (NPS) unter Zusatz von Pökelhilfsmitteln (z.B. Zucker) und Gewürzen eingerieben und übereinander geschichtet in einen Behälter gelegt (139, 140). Blut, das sich eventuell noch in den Adern befindet, sollte vor dem Pökeln durch Ausdrücken entfernt werden (65). Pro kg Fleisch und Speck wird mit einer Salzmenge von 40-60 g gerechnet (125). In bestimmten Zeitabständen (4-7 Tage) sollen die Fleischstücke gewendet, umgepackt und erneut mit Salz bestreut werden. Die dickeren Stücke werden immer zuerst eingelegt. Jede Schicht muß gut eingestreut sein, damit das magere Fleisch genügend Salz aufnehmen kann. Um eine gleichmäßige Durchpökellung aller Fleischteile zu erreichen, werden die einzelnen Schichten beim Umpacken so gegeneinander ausgetauscht, daß auch die oberen Schichten einmal nach unten kommen. Zweckmäßig ist es, einen Siebeinsatz oder einen Bodenablauf einzulegen, damit die sich bildende Eigenlake ablaufen kann. Manche Pökelfleischhersteller verwenden diese Eigenpökellake, in der sich neben Wasser, Kochsalz, Fleischiweiß, Muskelfarbstoff und anderen Fleischbestandteilen auch Pökelbakterien befinden, für die Herstellung von Aufguß-, mitunter auch Spritzlaken im Rahmen der Naßpökellung (66, 112, 140).

Je nach Größe der Fleischstücke dauert die Trockenpökellung 15-50 Tage. Man soll pro kg Fleischgewicht mit einer Pökeldauer von 2-2 1/2 Tagen rechnen (18, 65, 122, 140). Durch Verwendung von NPS statt einer Kochsalz-Salpeter-Mischung kann die Pökelzeit verkürzt werden (um ein Drittel bis die Hälfte der üblichen Zeit) (65). Pökelwaren, die unter ausschließlicher Verwendung von NPS hergestellt werden, besitzen jedoch

keine kräftige, stabile Pökelfarbe (73). Außerdem besteht bei Fleisch in großen Stücken die Gefahr, daß während der Diffusion Nitrit abgebaut wird und dessen Abbauprodukte vor allem vom Muskelfarbstoff fixiert werden, also nur geringe Mengen vom primär angebotenen Nitrit in das Zentrum vordringen. In § 6 des Nitritgesetzes vom 19.10.1936 ist deshalb s.Z. zugestanden worden, daß bei "Fleisch in großen Stücken" neben Nitritpökelsalz auch Salpeter verwendet wird, während bei allen anderen Fleisch-Erzeugnissen die gleichzeitige Verwendung dieser Pökelfarbstoffe ausgeschlossen war. (Nitrat muß bekanntlich zuerst durch Bakterien-Enzyme zu Nitrit reduziert werden, was teilweise erst innerhalb des Fleisches, also während der Diffusion geschieht, so daß bei Verwendung von Nitrat die Chance, daß Pökelfarbstoffe auch bei großen Fleischstücken in ausreichender Menge ins Zentrum vordringen, wesentlich vergrößert war.) In der Fleisch-VO vom 4.7.1978 (Anl. 1, Nr. 1) ist nun im Zuge der Zulassung von Kaliumnitrat (Salpeter) - an Stelle der entsprechenden Regelung im Nitritgesetz, aber analog, also unter Anerkennung der bisher schon respektierten technologischen Notwendigkeit - festgelegt worden, daß dessen Verwendung neben Nitritpökelsalz nur beim Pökeln von "Rohschinken, ausgenommen Nußschinken, Lachsschinken und anderen nur aus einem Teilstück bestehenden Rohschinken" zulässig ist.

Die Temperatur des Pökelfarbraumes soll nach bisherigen Vorstellungen zwischen +6 und +8 °C liegen und +10 °C keinesfalls überschreiten (18, 140), manche Hersteller pökeln in der Anfangsphase bei etwa 2 °C, in der Endphase bei etwa 12 °C. Niedrige Temperaturen verzögern

die chemischen, physikalischen und enzymatischen Vorgänge beim Pökelprozess, höhere Temperaturen können zur Verderbnis des Fleisches führen (19). Die Anwendung der bisher üblichen Pökelraumtemperaturen ist deshalb kritisch geworden, weil die Pökelstoffmengen verringert worden sind und dadurch auch die Chance vermindert worden ist, daß in kurzer Zeit Pökelstoffmengen in das Zentrum vordringen, die ausreichen, um vor allem etwa vorhandene Clostridien zu unterdrücken. Gerade *Cl. botulinum* ist auch bei Temperaturen, die im Pökelraum herrschen, noch zum Wachstum befähigt. Immer mehr Hersteller gehen deshalb dazu über, die Pökelraumtemperaturen in der Anfangsphase auf 2-3 °C zu reduzieren und bei diesen Temperaturen ein Absinken der Wasseraktivität auf einen Wert abzuwarten, bei dem Clostridien nicht mehr wachsen können.

Die Naßpökellung eignet sich für Erzeugnisse, die im Gegensatz zu trocken gepökelten zum alsbaldigen Verzehr bestimmt sind und keine lange Haltbarkeit erfordern. Das Ausgangsmaterial wird ohne oder nach vorherigem Einreiben mit der Salzmischung in den Pökelbehälter gepackt und mit Pökellake übergossen. Die Pökellake ist eine wäßrige Lösung, in der sich neben Kochsalz die erforderlichen Pökelstoffe, Pökelhilfsstoffe und Gewürze befinden (122, 139). Nicht selten finden dabei "gesunde" ältere, schon einmal gebrauchte Laken Verwendung (10-20 %), weil diese vor allem die für den Pökelvorgang günstige Bakterienflora enthalten, schneller günstige pH-Werte und günstige Redoxpotentiale erreichen lassen, gute Aromaeigenschaften vermitteln und aufgrund ihres Gehaltes an Eiweißstoffen und Salzen auch einem Auslaugen des Pökelgutes steuern (106, 139). Die Lake wird teilweise gekocht, um Begleitkeime abzutöten und die Lösung des Salzes zu beschleu-

nigen. Die Dauer der Naßpökelung hängt von der Lakestärke sowie davon ab, ob mit Salpeter oder NPS gepökelt wird. Auch das Lake-Fleisch-Verhältnis (1:1,5-2) ist von Bedeutung (18, 122). Wenn zu wenig Lake vorhanden ist, steigt der Eiweißgehalt in der Aufgußlake zu stark an und der Salzgehalt fällt zu weit ab. Dadurch kommt es leicht zum "Umschlagen" der Lake aufgrund zu starker Keimvermehrung. Wenn andererseits zu viel Lake vorhanden ist, wird die Vermehrung der erwünschten Pökelflora verzögert und das Fleisch "ausgelaugt", es gibt zuviel Eiweiß an die Aufgußlake ab (147).

Bei der Naßpökelung wird eine Pökelzeit von 2 Tagen je kg Fleisch als ausreichend angesehen (139). Temperaturen über 10 °C provozieren das Umschlagen der Pökellake (147). Im übrigen gelten die gleichen Kriterien für die Temperatur wie bei der Trockenpökelung.

In der Praxis wird häufig die Trocken-Naßpökelung angewandt. Es handelt sich um eine Kombination der schon geschilderten Pökelverfahren. Das Pökeltgut wird zunächst mit einer Salzmischung kräftig eingerieben und dann in Pökelbehältern bei geöffneter Abflußöffnung eng aneinander geschichtet trocken gepökelt. Nach dem letzten Umpacken wird Pökellake aufgegossen, die allerdings nicht so salzhaltig sein darf wie bei alleiniger Naßpökelung.

Bei der Spritzpökelung, die praktisch nur bei Kochpökelwaren angewendet wird, erfolgt Ader- oder Muskelspritzung.

Bei der Muskelspritzung wird die Lake über ein System von Spritznadeln unter Druck (1-2 atü) und unter langsamem Zurückziehen der Nadeln in verschiedene Stellen des Fleisches (in Abständen von etwa 4 cm) eingespritzt (18, 20, 65, 122, 140). Beim Einspritzen sollte keine Zerstörung des Muskelgewebes erfolgen; andernfalls bleiben Spritzlöcher zurück. Verwendet wird meist eine NPS-Lake, deren Stärke je nach Produkt auf 12-18 % eingestellt wird.

Bei der Aderspritzung wird dem Fleisch Salzlake über das Blutgefäßsystem zugeführt (65), und zwar unter einem Druck von maximal 2,5 atü, da sonst Gefäße zerstört würden und sich Lake ungleichmäßig verteilt (18, 140). Beim Schinken liegt das für Aderspritzung geeignete Gefäß auf dem Schloßknochen, bei der Schulter des Schweines über dem Buggelenk.

Bei der Muskelspritzung werden 6-10 %, bei der Aderspritzung 6-8 % des Fleischgewichtes eingespritzt (140). Als Spritzlake wird im allgemeinen frische NPS-Lake oder eine Mischlake (abgekocht oder nicht abgekocht, jedoch geklärt) verwendet. Nach dem Spritzen wird meist in einer gleichstarken Pökellake naß weiter gepökelt oder trocken gesalzen (18, 140). Zu hohe Lakemengen machen den Schinken "naß" und sollen auch das Leimigwerden begünstigen. Rasche Salzdurchdringung, Farbbildung, Geschmacksbildung und pH-Wert-Stabilisierung, sind die Vorteile dieser Methode.

Bei der Vakuumpökung werden die Fleischstücke während der Pökung in einen luftdicht verschlossenen Vakuum-Kessel eingelegt. Die Restluft wird abgesaugt und dadurch der natürliche Luftdruck verringert. Die Pökellake soll dann beschleunigt in das Fleisch eindringen, weil die Muskelfasernverbände aufgelockert werden (18, 30, 65, 106, 141). Je nach Größe bleiben die Pökelstücke bei etwa 0,6-0,7 atü 12 Stunden bis einige Tage im Vakuumbehälter (18, 53). Im Anschluß daran können sie noch naß oder trocken nachgepökelt werden.

Beim Atmungsverfahren gibt es zwei Möglichkeiten: Das Vakuum-Spritz- und das Vakuum-Trocken-Atmungsverfahren. Die Bezeichnung "Atmung" rührt vom rhythmischen Wechsel zwischen Belüftung und Entlüftung des Pökelbehälters her. Man erreicht bessere und schnellere Umrötung durch Beschleunigung der Salzeindringgeschwindigkeit. Zusätzlicher Preßdruck begünstigt das Entweichen von Luftbläschen und Fleischgasen sowie die schnelle und gleichmäßige Lakeverteilung (53, 65, 106).

Bei der Schall- und Ultraschallpökung soll die Pökellake durch Schallwellen innerhalb weniger Minuten in das Fleisch einmassiert werden. Pökelstoffe sollen sich besser verteilen und die Pökelzeit um mindestens 20-30 % verkürzt werden. Diese Verfahren werden bisher nicht angewendet (18, 106, 140).

2.1.2 ZUSÄTZE

2.1.2.1 KOCHSALZ (NaCl)

Die Kochsalzbehandlung ist neben dem Trocknen und Räuchern eines der ältesten Konservierungsverfahren.

Es gibt Stein-, Siede-, Meer- und Hüttensalz. Die Kochsalzart ist für dessen konservierende Wirkung unbedeutend (112). Steinsalze und Meersalze enthalten als Beimengungen verhältnismäßig viele Nebensalze, wie Kalium-, Calcium- und Magnesiumsalze (Sulfate und Chloride). Neben diesen können auch Spuren anderer Salze (Jod-, Brom-, Lithium- und Borsalze) gefunden werden (18, 112). Kochsalz soll höchstens 1 % Sulfate und 1 % Mg-Salze enthalten, da sein Geschmack sonst bitter ist und die organoleptischen Eigenschaften des Produkts ungünstig beeinflusst werden (32). Die Reinheit hängt neben der Herkunft des Salzes auch vom Gewinnungsverfahren ab; die Körnung wird vom Grad der Zerkleinerung bestimmt (18). Sole- und Quellsalze, die durch Sieden oder Eindampfen salzhaltiger Solen gewonnen werden, sind im allgemeinen reiner. Hüttensalze werden durch Schmelzen von gereinigtem Steinsalz bei Temperaturen von über 1000°C hergestellt (112). Welche Rolle die Nebensalze beim Pökeln von Fleisch spielen, ist noch nicht näher erforscht worden. Gewisse Salze, z.B. Mg-Salze, begünstigen das Wachstum von Laktobazillen (18). Das zur Anwendung kommende Salz sollte möglichst keimfrei sein. Bakterien der Gattung *Achromobacter* Hefen und Pilze können vorkommen. Diese halophilen Mikroorganismen sind unerwünscht, weil sie an der Oberfläche gepökelter Produkte Verfärbungen hervorrufen können (32).

Salzschärfe und Quellung oder Entquellung des Fleisches sowie die Diffusionsgeschwindigkeit von Kochsalz hängen von folgenden Faktoren ab: Beschaffenheit des Fleisches, insbesondere dessen Feuchtigkeitsgehalt, Speckdicke, angewandtes Pökelf Verfahren, Veränderungen der Ionenstärke aufgrund von Diffusionsveränderungen, Fleisch-Salz-Verhältnis, pH-Wert, Temperatur, Dauer der Salzung und Behandlung während der Pökellung (Umpacken). Wichtig ist auch der richtige Zeitpunkt des Beginns der Pökellung. Er richtet sich nach der elektrischen Leitfähigkeit des Fleisches, die den Grad der Salzaufnahme bestimmt. Ist sie niedrig, läßt sie das Salz rasch in das Fleisch eindringen. Rohpökelfwaren sollten gepökelt werden, wenn die elektrische Leitfähigkeit niedrig ist, bei Schweinefleisch etwa 48 Stunden p.m. (19, 66, 112, 131).

Die Salzaufnahme durch das Muskelgewebe beruht vor allem auf Osmose und hängt von der Mikrostruktur des Fleisches sowie dem Ablauf postmortalen Prozesse ab (9, 10, 80, 112). So entquellen p.m. bei beginnender Milchsäureproduktion zunächst die gefüllten Muskelfibrillen und geben Flüssigkeit in die interfibrillären Räume ab. Damit erhält das Muskelgewebe eine "offene" Struktur und das Salz dringt schneller und leichter ein. Das Salz entzieht dem Muskelgewebe Fleischsaft, der zum größten Teil Wasser und wasserlösliche Mineralstoffe sowie N-haltige Nichteiweißverbindungen enthält. Daneben werden auch die im Sarkoplasma gelösten Albumine und Globuline zum Teil extrahiert. Gleichzeitig dringt Kochsalz in das Fleisch ein, vermittelt primär einen Salzgeschmack und wirkt bei genügend hoher Konzentration (ab 4 %) bakterio statisch (19, 112). Salz

bildet im Muskelgewebe mit den Muskelproteinen Komplexe, die wiederum einen höheren osmotischen Druck als die Salzlösung haben sollen (8, 9, 80), so daß nach anfänglicher Entquellung Flüssigkeit ins Fleisch diffundiert und erneut Quellung erfolgt. Das Salz kann nur so lange in das Fleisch eindringen, bis der osmotische Druckunterschied zwischen dem Fleisch und der Lake ausgeglichen ist. Das osmotische Druckgleichgewicht wird in konzentrierten Laken schneller erreicht als in Laken mit geringerem Kochsalzgehalt, in denen die Diffusion des Salzes in das Fleisch langsamer abläuft (10). Dabei enthalten die Randzonen des Fleisches höhere Salzkonzentrationen als der Kern.

Darüber hinaus sind die Gewichtsveränderungen des Produktes während der Pökellung ein wichtiger, vor allem kalkulatorischer Faktor. Rohpökellwaren müssen etwa 20 % des Frischgewichtes verlieren (30). Wie CALLOW (8, 9) feststellte, werden Quellung und Entquellung des Fleisches in der Lake durch die Kochsalzkonzentration stark beeinflußt. Bei schwachen Salzkonzentrationen erfolgt im allgemeinen Gewichtszunahme. Das gleiche ist der Fall, wenn das eingelegte Fleischgewicht wesentlich größer ist als das Gewicht der vorhandenen Lake. Verluste sind bei Laken mit Salzkonzentrationen von 18 % und mehr zu erwarten und in den Fällen, in denen wenig Fleisch in viel Lake liegt (8, 9, 19, 30). Laken mit Kochsalzgehalten zwischen 10-15 % können starke Quellung verursachen (28). Steigt der Salzgehalt der Pökellake auf über 20 %, setzt Entquellung ein.

Bis zu Kochsalzgehalten im Fleisch von 5-6 % nimmt das Gewicht zu (25-30 %). Bei weiterem Anstieg des Salzgehaltes erfolgt allmählich Entquellung (19, 28, 32, 46, 48). Relativ hoher pH-Wert des Fleisches kann bei pH-Werten von 6,2-6,4 bis zu 40 % betragen, bei pH 5,8 höchstens 25 % (19, 28). Dies ist jedoch auch noch von der Salzkonzentration in der Lake und im Fleisch abhängig. Ten CATE (11) gibt in einer Tabelle folgende Werte an:

Tabelle 1:

Quellung in Lake mit		
	18 % Kochsalz	26 % Kochsalz
pH-Wert = 5,8	25 %	6 %
pH-Wert = 6,4	44 %	15 %

(Die Fleischteile wurden bei Erreichen eines Salzgehaltes von 4 % aus der Lake genommen.)

Das Salz dringt in Schweinefleisch mit hohem pH-Wert langsamer ein, was mit einem physikalischen Effekt durch größere Muskelfasern und nicht mit direkten chemischen Veränderungen in Zusammenhang gebracht wird (80).

Höhere Temperaturen können die Diffusionsgeschwindigkeit erhöhen, jedoch erfordert eine solche Maßnahme sorgfältigste Hygiene, da das Risiko unerwünschter mikrobieller Vorgänge größer ist (8, 9, 80, 131).

Die Größe der Fleischstücke ist ebenfalls ein wichtiger Faktor für die Pökeldauer. Flache Fleischstücke kann Kochsalz schneller durchdringen als dicke. Fettgewebe und Schwarten setzen dem Eindringen des Kochsalzes und der Pökelfstoffe größeren Widerstand entgegen als Muskulatur (108). Nach KÖRMENDY und GANTNER (68) ist die Diffusion von Salzen innerhalb bestimmter Grenzen von der Dicke des Pökeltgutes unabhängig. Die einzelnen Muskeln können nach CORETTI (19) unterschiedlich schnell und unterschiedlich viel Salz aufnehmen; nach WOOD (149) ist der Diffusionswert der gleiche, ob das Salz quer oder längs zur Faserrichtung diffundiert.

Nach GRAU (40) bewirkt Kochsalz eine Veränderung des Fleischeiweißes, mit der die Entwicklung des Aromas verbunden ist. Eine Proteolyse soll aber nicht ablaufen.

Die Löslichkeitserhöhung von Eiweißen durch Salze beruht auf der Wechselwirkung zwischen den dissoziierten Ionen des Salzes und den polaren Gruppen der Eiweiße. Sehr hohe Ionenstärken begünstigen dagegen die Ausfällung der Proteine. Bis zu einer Konzentration von 9 % Kochsalz besteht eine lineare Beziehung zwischen Extraktionsausbeute und Salzkonzentration, von da an nimmt die Löslichkeit des Muskeleiweißes ab. In 6 bis 9%iger Kochsalzlösung ist die Hälfte der Proteine löslich, bei 30 % nur ein Viertel (8, 9).

PARTMANN (103) fand, daß 2,2 % Kochsalz oder 2,0 % Natriumnitrit durch Blockierung des Apyrasesystems, das den Verbrauch und die Anhäufung an Muskelenergie sowohl durch Phosphorsäure als auch durch Kreatin reguliert, die ATP-Spaltung vollständig verhindern.

Durch Erhöhung der Kochsalzkonzentration in Fleisch-Erzeugnissen wird der a_w -Wert herabgesetzt und der pH-Wert leicht ins saure Milieu verschoben. Bei niedrigerem a_w -Wert ist höhere mikrobiologische Stabilität zu erwarten, neben der Herabsetzung des pH-Wertes wird die Wasserbindung reduziert (11, 70) und die Oxidation des roten Muskelfarbstoffes beschleunigt (77, 80).

Einerseits hemmt Kochsalz im gepökelten Fleisch sowohl direkt als auch indirekt die Tätigkeit vieler unerwünschter Bakterien, z.B. der Proteolyten (61), und schränkt die Tätigkeit fleischeigener Enzyme ein, andererseits werden bestimmte erwünschte Keime im Wachstum sogar begünstigt (40). Nach KOTTER (71) handelt es sich dabei um Keime wie z.B. Enterobacteriaceae, die während des Pökelvorganges in Anwesenheit von Kochsalz eine Reduktion von Nitrat, eine antagonistische Wirkung zu Fäulnisserregern und die Ausbildung eines ansprechenden Aromas hervorrufen. Nach TERPLAN (131) wird die unmittelbare bakteriostatische oder bakterizide Wirkung des Kochsalzes auf folgende Faktoren zurückgeführt: Entwässerung, Wirkung des Chlorions, Beseitigung des Sauerstoffs aus dem Medium, Sensibilisierung der Keime gegen CO_2 sowie "Interferenz" mit der raschen Einwirkung proteolytischer Enzyme.

Myoglobin und Oximyoglobin werden zu stabilem, bräunlichem Metmyoglobin oxidiert, so daß das Fleisch äußerlich dunkle Farbe annimmt (18, 19, 71). Nach CORETTI (18) kann aber Fleisch unter geeigneten Bedingungen auch bei alleiniger Anwendung von Kochsalz und längerer Trocknung im Innern durchaus eine hell- bis tiefrote Fleischfarbe behalten.

Speck soll durch Salzung besser geschützt werden (18), nach GRAU (40) bewirkt aber das aus der Reaktion zwischen Fett, Hydroperoxid, Wasserstoffionen und Kochsalz entstehende freie Cl_2 eine Oxidation des Fettes.

Durch den Salzgehalt des Fleisches werden auch das Maß und die Geschwindigkeit der späteren Abtrocknung der Ware während des Durchbrennens, der Räucherung und der Trocknung und dadurch auch der gesamte Reifungsprozeß mit beeinflußt.

Die verbrauchte Kochsalzmenge schwankt nach KOLLER (66) in Abhängigkeit von Pökelmethode und Fleischart zwischen 2 und 25 %. Bei der kombinierten Trocken-Naßpökung würden etwa 6 % Kochsalz - bezogen auf Frischfleischgewicht - verbraucht. Nach CORETTI (19) liegt der Salzgehalt in Rohpökelfwaren zwischen 5 und 10 %.

2.1.2.2 PÖKELSTOFFE

SALPETER (KNO_3)

Nach den von KOLLER (66) und PANETSOS (102) genannten Quellen dürfte die Pökellung mit Salpeter einige Jahrhunderte alt sein. Auch heute wird bei der Fleischwarenherstellung Kaliumnitrat verwendet.

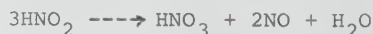
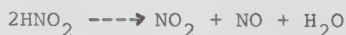
KOLLER (66) und TERPLAN (131) erörtern die bakterizide und bakteriostatische Wirkung von Nitrat und Nitrit. Nitrat besitzt als Sauerstoffdonator Bedeutung, weil es in Fleisch und Fleisch-Erzeugnissen aerobe Verhältnisse schafft und damit anaerobe Fäulnis verhindert.

POLYMERIDIS (106) erwähnt, daß nach Gyllenberg Nitrat erst ab Konzentrationen von 2,5 % keimhemmend wirke. Nach LEISTNER (82) wird Nitrat erst wirksam, nachdem es zu Nitrit reduziert ist. Ein Teil der Keimhemmung wird auch dem bei der mikrobiellen Nitratreduktion entstehenden Hydroxylamin zugeschrieben. Die Fähigkeit bestimmter Keime, Nitrat zu reduzieren, dürfte besonders auf der Bildung von Reduktasen und Hydrogenasen beruhen (66, 73, 131).

NITRIT (NaNO_2)

Mit der Wirkung des Nitrits in Fleisch-Erzeugnissen haben sich zahlreiche Autoren befaßt (7, 26, 38, 43, 93, 121) und den Zyklus möglicher Reaktionen von Nitrit mit Fleischbestandteilen zusammengestellt (17, 95, 97, 151, 152):

a) Zerfall der salpetrigen Säure



b) Reaktionspartner Myoglobin

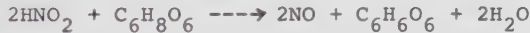
Sowohl Nitrosomyoglobin ---- Nitrosomyochromogen
als auch Metpigmente

c) Reaktionspartner Wasserstoffperoxid

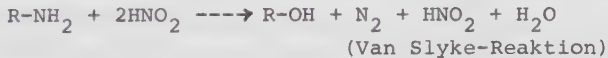


$\cdot\text{OH} + \text{Substrat} \text{ ----} \rightarrow \text{oxidiertes Substrat}$
Nitrite begünstigen auch das mikrobielle
Vergrünen von Pökelwaren, dessen Ursache
Mikroorganismen sind, die bei Luftzutritt
Wasserstoffperoxid erzeugen.

d) Reaktionspartner Ascorbinsäure



e) Reaktionspartner primäre Aminogruppen der Proteine



Nitrosierung ist offensichtlich die eigent-
liche Ursache der nicht bakteriellen Nitrit-
verluste bei der Herstellung von Pökelwaren.

f) Reaktionspartner aliphatische Amine

primäre: Alkohole
sekundäre: Nitrosamine
tertiäre: Nitrosamine

g) Reaktionspartner Schwefelwasserstoff, Sulfide

Unterschiedliche Umsetzungen in saurem und
alkalischem Milieu (Bildung von S, NH_3 , S_2O_3 ,
 NH_2OH)

h) Reaktionspartner Hydroxylamin



Hydroxylamin wird im allgemeinen als Zwischenverbindung angesehen, die weiter über Distickstoffmonoxid schließlich zu Ammoniak führt.

i) Reaktionspartner Thiole

Nitrosothiole, Disulfide:

Diese nicht sehr beständigen Nitrosogruppen können durch Schwermetallspuren (z.B. Hg) wieder abgespalten werden und verursachen die Freisetzung von NO.

h) Reaktionspartner ungesättigte Säuren, z.B. Ölsäure

Über eine Reaktion von Nitrit mit ungesättigten Säuren in Fleischwaren ist nichts bekannt.

Die antibakterielle Wirkung von Nitrit beruht nach den von TERPLAN (131) zusammengestellten Angaben auf der Freisetzung von salpetriger Säure, die mit den freien Aminogruppen der Keime reagiert und möglicherweise eine Oxidationsdestruktion der Bakterienzellstruktur hervorruft (152). Diese Wirkung kann durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden. Dazu gehört der pH-Wert, da nämlich nur die undissoziierte salpetrige Säure antimikrobiell wirkt. Verstärkte antibakterielle Wirkung des Nitrits wurde nach INGRAM (59) von Castellani und Niven im sauren Bereich festgestellt (Tabelle 2).

Tabelle 2:

Einfluß des pH-Wertes auf die aerobe Nitrittoleranz von *Staph. aureus* (30 °C, 48 Std.) (Glukose im Nährboden autoklaviert) (Castellani und Niven, zit. bei INGRAM)

pH	Hemmendes NaNO_2 , (ppm)	Undissoziierte HNO_2 , ($\text{pK}_a = 3,4$)
6,90	4000	1,3
6,52	2000	1,5
6,03	700	1,6
5,80	400	1,6
5,68	400	2,1
5,45	180	1,5
5,20	150	2,1
5,05	80	1,8

Nach ZATOCIL (152) schränken Nitrite wahrscheinlich die Wärmedenaturierung der Proteine infolge Steigerung der Wasserbindungsfähigkeit ein. Dies erfolgt durch Erhöhung des pH-Wertes (Verlagerung des I.P.) und wahrscheinlich auch durch Inaktivierung und Nitrosierung der Zentren der Koagulationsreaktionen bei der Proteindenaturierung.

2.1.2.3 PÖKELHILFSSTOFFE

2.1.2.3.1 ZUCKER

Unter den Zuckerarten, die bei der Fleischwarenherstellung bevorzugt zum Einsatz kommen, sind zwei Gruppen beachtlich:

Zucker mit chemisch-biologischer Wirkung (Mono- und Disaccharide), wie Glukose (Traubenzucker), Laktose (Milchzucker), Saccharose (Rübenzucker und Rohrzucker), Maltose (Malzzucker) und

Polysaccharide, die überwiegend physikalisch wirken, wie Stärkeverzuckerungsprodukte oder Trockenstärkesirupe, die durch saure Hydrolyse von Stärke gewonnen werden (18, 66, 107) und aus Dextrose (ca. 15 %), Maltose (ca. 15 %), zusammengesetzten Zuckerstoffen (ca. 30 %) und höhermolekularen, den Dextrinen ähnlichen Zwischenprodukten des Stärkeabbaus (ca. 40 %) bestehen (21).

Ursprünglich wurden Zucker verwendet, um den herben, salzigen, of bitteren Geschmack von Pökelsalzmischungen zu mildern oder zu überdecken (16, 39, 66). Ein ausreichender Effekt wird erreicht, wenn im Erzeugnis 0,5-1,0 % Zucker (16, 66) vorliegt. Auch GRAU (39) ist der Meinung, daß der Geschmack von Rohpökeln durch Zucker günstig beeinflusst wird. Heute finden die Zucker nicht nur aus geschmacklichen Gründen Verwendung, sondern auch, um Farbe, Zartheit und Haltbarkeit von gepökelten Fleischwaren zu beeinflussen (18, 36, 39, 107). Die Notwendigkeit der Zuckerverwendung bei der Pökeln von Fleisch wird allerdings vielfach ange-

zweifelt. Falls im Fleisch ausreichende Glykogenreserven vorhanden wären, ginge ein Teil während der Naßpökelung in die Lake über und sichere so einwandfreie Pökelung (18, 19). Dies bewiesen Untersuchungen, nach denen der Zuckergehalt in der Lake anstieg, weil aus dem Fleisch stammende Zuckerstoffe in die Lake übergegangen waren (16, 28). Der Gehalt an Glykogen im Schweinemuskel wird mit 400-500 mg/100 g angegeben und ist stark vom pH-Wert sowie dem Zeitpunkt der Bestimmung p.m. abhängig (Tabelle 3) (148):

Tabelle 3: pH-Verlauf, Veränderung der Gehalte an Glykogen und reduzierenden Zuckern sowie Milchsäurebildung p.m. beim Schwein (nach WISMER-PEDERSEN)

pH	Glykogen %	red. Zucker %	Milch- säure %	pH	Glykogen %	red. Zucker %	Milch- säure %
5,68	0,27	0,61	1,03	5,20	0,07	0,96	1,42
5,78	0,32	0,78	1,04	5,41	0,08	1,20	1,35
6,08	0,37	0,41	0,77	5,38	0,17	0,56	1,28
6,24	0,56	0,51	0,61	5,27	0,14	0,81	1,21
6,44	1,17	0,72	0,59	5,32	-	1,34	-
6,56	0,83	0,49	0,50	5,27	0,08	0,82	1,20
6,76	1,06	0,28	0,34	5,36	0,10	0,59	1,13

Nach Ten CATE (16) sind folgende Reaktionen zwischen Zuckern und Pökelstoffen möglich:

Zwischen KNO_3 und Saccharose:



Zwischen KNO_3 und Glukose:



Zwischen NaNO_2 und Saccharose:



Zwischen NaNO_2 und Glukose:



Schinkenlake enthält normalerweise 0,2 % KNO_3 und 0,1 % NaNO_2 . Zur völligen Denitrifikation dieser Menge sind 0,10 % Zucker notwendig. Diese Zuckermenge kann innerhalb von 10 Tagen aus dem Fleisch herausgelöst werden, was theoretisch bedeutet, daß zugegebenen Zuckern kein Wert als Wasserstoffdonatoren zukommt.

Zucker begünstigen technologisch erwünschte Bakterien (22, 66, 74, 107). Diesen Bakterien dient der vergärbare Zucker als Energiequelle (19, 39, 107) und zusammen mit seinen Abbauprodukten bildet er einen günstigen Nährboden (94). Gleichzeitig wird eine Eiweißzersetzung durch unerwünschte Mikroben (z.B. *Proteus*) verhindert, weil diesen Keimen statt Eiweiß Zucker angeboten wird. Auch werden obligate Fäulniskeime, die eine Eiweißzersetzung hervorrufen können, im wesentlichen durch die antagonistische Wirkung der erwünschten Keime unterdrückt (44, 66, 107).

Durch Anhäufung von organischen Säuren (z.B. Milchsäure), die zum kleineren Teil aus dem Fleisch stammen, zum größeren aus dem zugesetzten, bakteriell abgebauten Zucker nimmt der pH-Wert der Lake ab. Dadurch sind für viele Fäulniskeime die Wachstumsbedingungen ungünstig, vor allem für verschiedene gramnegative Mikroorganismen (Pseudomonaden, Achromobakterarten, Vibrionen u.a.), die einen leicht alkalischen pH-Wert (7,5-8,0) bevorzugen (13, 19, 22, 27, 39, 107).

Bei pH-Wertsenkung wird die Entquellung des Muskelgewebes begünstigt. Demnach fördern der Zusatz von Zucker und die Anwesenheit von Bakterien eine säuerungsbedingte Strukturveränderung und somit eine gleichmäßige Verteilung von Kochsalz und Pökelfstoffen (39, 66, 107). Die zugesetzten Zucker fördern über die pH-Wertsenkung auch den Nitritabbau. Ob die reduzierenden Zucker auch unmittelbar Nitrit, das unter pH-Werten von 5,3 zu rasch abgebaut wird, abbauen können, muß nach KOTTER und Mit. (73) überprüft werden. Nach GRAU (39) hat eine zuckerhaltige Lösung keinen unmittelbaren Einfluß auf die Nitratreduzierung.

Nach Ten CATE (16) steigt der pH-Wert von Saccharose-Laken bis zum völligen Nitrat- und Nitritabbau bis auf 7,48 und von Glukose-Laken bis auf 7,18 an. Nach Beendigung der Denitrifikation sinken die pH-Werte der beiden Laken - unabhängig von der Zuckermenge - bis auf etwa 6,25. Der Nitritabbau dauert bei den Glukose-Laken ungefähr 4 Tage länger als der Nitratabbau, der in allen Laken innerhalb von 16 Tagen beendet ist.

Nach BOCSO (4), GRAU (39) und PRÄNDL (107) schafft der Zucker mit Hilfe von Bakterien reduzierende Verhältnisse. Während dadurch die Oxidation des Myo-(Hämo-)globins zu Metmyo-(Hämo-)globin verhindert wird, fordert er gleichzeitig die Bildung von Stickstoffoxidmyo-(Hämo-)globin aus Stickstoffoxid und Myo-(Hämo-)globin. Auch kann er das schon gebildete Metmyo-(Hämo-)globin selbst wieder reduzieren. Nach dem Pökelprozess und während der Lagerung verhindern Zucker die Oxidation der Ferro-myoglobin-derivate zu Ferri-myoglobin-derivaten (92, 110). Nach PRÄNDL (107) verdichtet sich im sauren Milieu das entquellende Eiweiß, wodurch seine Transparenz vermindert wird. Da die in den obersten Schichten auftreffenden Lichtstrahlen reflektiert werden, erscheint das Fleisch heller. Ohne Zucker gepökeltes Fleisch verblaßt schneller als solches mit Zuckerzusatz gepökeltes (36, 39, 42).

Zucker haben auch einen Einfluß auf den Verderb von Fleisch-Erzeugnissen (39, 44, 71, 83). Nach KOLLER (66) kann hoher Zuckerzusatz (z.B. Rohrzucker) zu alkoholischer und später essigsaurer Gärung führen. Von KOLLER zitierte Untersuchungen (66) zeigten, daß auch die Zucker mit Keimen kontaminiert sein können. Es kommen Schimmelpilze, Mikrobenarten, Hefearten und auch Sporen vor.

Milchzucker für technische Zwecke enthält noch lebensfähige Säurebakterien, meist nicht nur reine Milchsäurekulturen, sondern auch Keime, die Gärungsprodukte wie Essig-, Propion- und Buttersäure produzieren können (4, 107, 112).

Hinsichtlich der Zuckerdosierung gehen die Angaben in der Fachliteratur weit auseinander. Nach KOCH (65) kommt bei der Trockenpökellung eine Mischung Kochsalz-Salpeter mit 0,6 % Zucker zur Anwendung. Von GRAU (39) werden für die Trockenpökellung 0,5 bis 2,5 % Zucker, bezogen auf Kochsalz, für die Naßpökellung 0,5-2 % Zucker angegeben. Nach CORETTI (18) genügen für die Trockenpökellung Mengen von 2-3 %, da ein Teil des Zuckers mit der entstehenden Lake abfließt, und für die Naßpökellung Zuckermengen von 1-2 % der Salzmischung. Zur Naßpökellung von Rohschinken gibt Bechtholf (zit. von GRAU, 39) 11,4 % Zucker auf 100 Teile NPS. Da durch höhere Zugabe von Saccharose manche Mikroorganismen Schleimstoffe bilden können (z.B. Dextran), ist auf die richtige Dosierung zu achten, um das Schleimigwerden der Lake zu vermeiden (39).

Bei der Verwendung von Stärkeverzuckerungserzeugnissen kann höher dosiert werden, während bei der Verwendung von Mono- und Disacchariden eine niedrigere Dosierung gewählt werden muß (18).

2.1.2.4 GEWÜRZE

Gewürze sind nach den Leitsätzen des Deutschen Lebensmittelbuches "Teile (Wurzeln, Wurzelstöcke, Zwiebeln, Rinden, Blätter, Kräuter, Blüten, Früchte, Samen oder Teile davon) einer bestimmten Pflanzenart, nicht mehr als technisch notwendig bearbeitet, die wegen ihres natürlichen Gehaltes an Geschmacks- und Geruchsstoffen als würzende oder geschmacksgebende Zutaten zum Verzehr geeignet und bestimmt sind.

Seit Jahrhunderten kommt der Verwendung von Gewürzen sowohl in der Lebensmittelproduktion als auch im Haushalt eine überragende Bedeutung zu. Primär werden sie in der Lebensmittelindustrie verwendet, um durch eine Geschmacksgebung oder -abrundung der menschlichen Nahrung einen höheren Genußwert zu verleihen.

Hinzu kommt, daß viele Gewürze auch noch antioxidativ und antibakteriell wirksame Substanzen enthalten (21, 34, 49, 126, 150). Außerdem ist auch von einer Reihe von Gewürzen bekannt, daß sie bestimmte physiologische Lebensabläufe des Menschen beeinflussen (37, 49, 126).

Gewürze, die bakterizide oder zumindest bakteriostatische Wirkungen besitzen, sind u.a. Knoblauch, Cardamom, Kümmel, Koriander, Piment, Muskat, Thymian, Paprika, Lorbeerblatt, Majoran, Pfeffer und Liliaceae, deren keimhemmender Effekt selektiv ist (126). Die antibakteriell wirksamen Inhaltsstoffe von Gewürzen werden als "Phytonzide" zusammengefaßt. Die ätherischen Öle sind bei zahlreichen Gewürzen die Träger der antibakteriellen Funktion (34). Terpeneol, gewöhnlicher

Bestandteil der ätherischen Öle im Koriander, hemmt in einer Konzentration von 0,1 % völlig das Wachstum 24 verschiedener Serotypen von Salmonellen, E. coli und Staphylococcus aureus. Dieser Stoff wirkt auch bakteriostatisch gegenüber vielen gramnegativen Verderbniserregern. Der frisch gemahlene Koriander ist am wirksamsten. Capsaicin, enthaltener Stoff im Paprika, hemmt B.subtilis, B.cereus und Sarcina lutea im Wachstum. Capsicidin (ebenfalls im Paprika) ist etwa 200 bis 250 mal stärker fungizid als antibakteriell wirksam (34). Eventuell vermindern die ätherischen Öle auch eine mögliche Toxinproduktion (49).

Viele Gewürze, wie z.B. Rosmarin, Salbei, Muskat und Paprika, enthalten antioxidative, d.h. ranzigkeitsverzögernde Stoffe (126). Als antioxidativ wirksame Substanzen sind u.a. Labiatensäure (ab 0,005 %), Carnosol (ab 0,001 %), Flavone und Flavonoide, Phenole und Polyphenole bekannt (49, 101).

Die Wirkung der Gewürzinhaltsstoffe auf Funktionen des menschlichen Körpers bestehen u.a. darin, daß sie die Sekretion von Speichel-, Magen- und Darmdrüsen (z.B. Chilies, Pfeffer, Ingwer) begünstigen, die Kohlenhydratverdauung im Magen verbessern und die Bekömmlichkeit der Speisen erhöhen (37, 49, 126). Von besonderer Bedeutung dürfte der Einfluß von Gewürzinhaltsstoffen auf die Herztätigkeit und die periphere Durchblutung sein (37, 126).

Das Aroma der Gewürze hängt von dem Gehalt an wertbestimmenden geruchs- und geschmacksaktiven Bestandteilen, von der Herkunft der Gewürze, von Wachstumsbedingungen, Witterung, Erntezeit, von der Behandlung und Lagerung, vom Keimreichtum usw. ab (64, 65). Durch Zumischung von Gewürzextrakten und ätherischen Ölen können Mängel an Inhaltsstoffen gemindert werden. Extraktgewürze enthalten immer den gleichen Anteil Würzstoffe und sind standardisiert. Gewürzextrakte verlieren weniger rasch - infolge Verflüchtigung der ätherischen Öle - ihre Wirksamkeit als feingemahlene Gewürze. Jedoch ist zu beachten, daß sie, bei längerer Lagerung durch Polymerisation einzelner Bestandteile untereinander Geschmacksnuancen ändern können (150). Physikalische, chemische oder biochemische Änderungen der Gewürzzusammensetzung, Abflachung oder Zunahme des Eigenaromas der Fleischware und Ranzigkeitsveränderungen in Fleisch-Erzeugnissen sind nach HAMMER (49) die Ursache der Aromaveränderungen von Gewürzen bei ihrem Einsatz in der Herstellung von Fleischwaren.

Hitze und Kälte können Aromaveränderungen der Gewürze - vorwiegend der feingemahlene - verursachen. Jedoch sind z.B. Chilies und Salbei bei Erhitzung sehr aromastabil, während ebenfalls Chilies und Salbei sowie Cardamon, Macis, Majoran, Thymian, Nelken, Piment und Rosmarin bei Gefrierlagerung ihr Aroma kaum verändern (129, 132, 150).

Gewürze, deren Aroma bei hoher Hitzebelastung abgebaut wird, enthalten ätherische Öle, die nicht antioxidativ wirksam sind (49).

Gewürze werden heute als ganze oder gemahlene Gewürze, Gewürzextrakte oder kombinierte Gewürz- oder Gewürz-extraktmischungen angeboten. Der Keimreichtum der Gewürze ist oft erheblich. Diese zahlreichen Keime und Sporen, die aufgrund von Ernte und Verpackung sowie unhygienischer Behandlung und Aufbereitung der Gewürze auftreten können, vermögen Fäulnis, Verschimmelung und unerwünschte Aromabildung hervorzurufen (21, 65, 126). Der Gesamtkeimgehalt schwankt meist zwischen 10^3 und 10^8 je 1 g Gewürze. Am häufigsten kommen folgende Keime vor: Mikrokokken, Streptokokken, Pseudomonaden, Achromobakterarten, Milchsäurebakterien, Sarzinen, Hefen, E.coli, Schimmelpilze und ihre Sporen, Salmonellen, B.cereus, B.subtilis und Cl. perfringens. Dem schwarzen Pfeffer wird die größte bakteriologische Verunreinigung zugeschrieben. Durch Behandlung der Gewürze mit bakterizid wirkenden Gasen (z.B. Äthylenoxid) werden heute weitgehend keimfreie Gewürze erhalten (126, 150).

Man verwendet im allgemeinen zur Trockenpökellung Pfeffer, Wacholderbeeren, Ingwer, Lorbeerblätter und Thymian. Nach SCHEID (125) vermengt man 30-40 g dieser Gewürzmischung mit einem kg Pökelsalz. Nach KOCH (65) benötigt man zur Naßpökellung Pfeffer, Wacholderbeeren, Piment, Zimt, Ingwer, etwas Lorbeerblatt und Knoblauch, während von SCHEID (125) Pfefferkörner, Pimentkörner, Knoblauch, ganze Lorbeerblätter, Wacholderbeeren, Senfkörner, Majoran und Stangenzimt empfohlen werden.

2.1.3 PARAMETER FÜR DIE KONTROLLE DES PÖKELPROZESSES

2.1.3.1 UMRÖTUNG

Einer der wichtigsten Punkte bei der Pökelfwarenproduktion ist die Umrötung des Fleisches. Die Farbe des frischen Fleisches wird größtenteils durch Myoglobin (MG 17000) und zu einem geringen Teil auch durch Hämoglobin bestimmt. Myoglobin ist ein Chromoprotein und besteht aus Häm als farbgebende Komponente und Eiweiß mit Globulincharakter (47, 90). Die Sauerstoffaffinität des Myoglobins ist sechsmal größer als die des Hämoglobins (4). Die verschiedenen Verbindungen des Myoglobins und ihre Entstehungsmechanismen sind von MATHEY (90) zusammengefaßt und geordnet (Abb. 1):

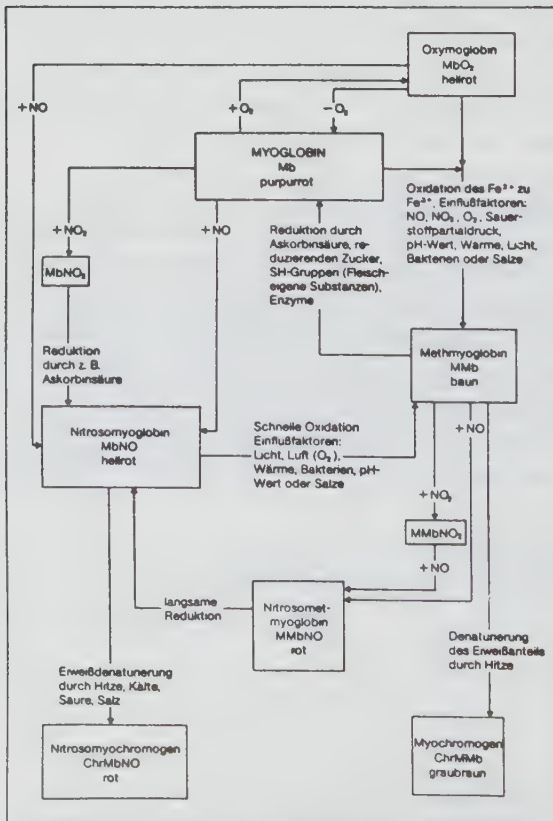


Abb. 1: Verbindungen des Myoglobins und ihre Entstehungsmechanismen

Nitrat und das daraus entstehende oder das mit dem Nitritpökelsalz (NPS) zugesetzte Nitrit und deren mengenmäßiges Vorhandensein in der Pökellake sind für die Umrötung von entscheidender Bedeutung. Während der Umrötung laufen zwei Vorgänge neben- und miteinander ab, und zwar die Umwandlung des Pökelfarbstoffes und die eigentliche Bildung des Pökelfarbstoffes. In der ersten Phase wird Nitrat durch Mikroorganismen zu Nitrit reduziert (4, 19, 33, 72, 90, 124). Die Mikroorganismen, die diese Umwandlung vollziehen, sind denitrifizierende halophile und halotolerante Keime, wie Mikrococcaceae, Spirillaceae und Achromobacteriaceae (77, 114). Die Nitratreduktion beruht auf enzymatischer Aktivität dieser Mikroorganismen und ist von pH-Wert und Pökelttemperatur abhängig.

Bei pH-Werten unter 5,4 kommt es zum Absterben der o.g. Keime (19, 47, 90, 124). Auch werden die Mikroorganismen durch zu hohe Temperaturen geschädigt oder ganz zerstört. Bei zu tiefen Temperaturen kommt es zur Einstellung des Wachstums und zur Reduktion der Stoffwechselaktivitäten (90, 124).

Es gibt jedoch keine Umrötung, bei der nur positiv zu beurteilende Keime vorhanden wären, entscheidend ist, ob die erwünschten Keime die Dominanz erlangen können (105).

Pökelt man mit NPS, so treten die Umrötungsvorgänge unmittelbar ein. Die Abbaustufe, bei der aus Nitrit Stickstoffmonoxid (NO) gebildet wird, ist ein chemischer Vorgang, der in einem Temperaturbereich von etwa 10 °C und in relativ saurem Milieu (pH-Werte zwischen 5,2 und 5,7) besonders günstig abläuft (143). Von BÖHM (5) wurde die geringste Stabilität von Nitrosomyoglobin

im Bereich von 5,7 - 6,2 festgestellt. Das saure Milieu wird wiederum von Mikroorganismen hergestellt, die unter Bildung von organischen Säuren Glykogen oder zugesetzte Zucker abbauen. FOX (27) stellte fest, daß Ascorbinsäure, Ascorbate und schwefelhaltige Aminosäuren, z.B. Cystein, die Bildung des Nitrosomyoglobins beschleunigen. Proteindenaturisierende Faktoren wie Hitze, Gefrieren, Säuren, Salze, UV-Licht und gewisse Metalle begünstigen die Bildung von Stickoxidderivaten und können Umrötung und Stabilität des Pökelfarbstoffes verbessern (41, 135). Mit der Bindung des Stickstoffmonoxids an das Eisenatom des Myoglobins und damit der Bildung des Pökelfarbstoffes Nitrosomyoglobin ist der Umrötungsprozeß beendet (110).

Dieses Pökelfarbstoff geht im Verlauf längerer Lagerung unter nochmaliger Aufnahme von Stickstoffmonoxid (47) und durch Denaturierungserscheinungen am Eiweißanteil des Nitrosomyoglobins in das beständige Dauerpökelfarbstoff, das Nitrosomyochromogen (ChrMbNO) über (19, 35, 80, 90).

Nach TERPLAN (131) soll die Hämochromogenbildung von Myoglobin neben der mit Stickoxid auch sehr leicht mit denaturierten Proteinen, Nicotinamid und Histidin erfolgen. Da Nicotinsäure im Fleisch reichlich vorkommt, wird vermutet, daß denaturiertes Globin-Nicotinamid-Hämochromogen zur Pigmentierung und Stabilisierung umgeröteter Fleischpartikel beitragen kann.

Unter dem Einfluß von Luft und/oder Licht verblaßt auch der Farbstoff Nitrosomyochromogen (89). Die Oxidation von Nitrosomyochromogen kann gehemmt werden, wenn SH-Gruppen enthaltende Substanzen, Cystein oder Glutathion, im Fleisch vorhanden sind (24, 31, 47, 56, 134).

Nach CORETTI (19) soll in Abwesenheit von Sauerstoff in den tieferen Fleischpartien Nitrit mit dem Myoglobin und dem aus dem Nitrit entstandenen Stickstoffdioxid reagieren und gleiche Mengen Metmyoglobin und Nitrosomyoglobin bilden, wenn im Fleisch keine reduzierenden Stoffe enthalten sind, die sowohl das Metmyoglobin als auch das Nitrit reduzieren können. Ansonsten wird Metmyoglobin zu Myoglobin und Nitrit zu Stickstoffmonoxid durch die noch verbliebene Enzymwirkung im Muskel selbst reduziert. FOX (27) zeigte, daß das Stickoxid direkt mit dem Metmyoglobin reagiert und der entstehende Komplex zu Nitrosomyoglobin reduziert werden kann. Bei pH-Werten unter 5,4 verläuft die Nitrosomyoglobinbildung wesentlich schneller als die Reduktion von Metmyoglobin. Deshalb kann unter dieser Bedingung die Reduktion von Metmyoglobin kein wesentlicher Schritt der Umrötung sein. Die Nitrosomyoglobinbildung verläuft bis zu einem Nitrit:Metmyoglobinverhältnis von 5:1 proportional der Nitritkonzentration. Wird dieses Verhältnis kleiner, scheint das Nitrit hemmend zu wirken, was auch erklären könnte, weshalb die Umwandlung des Myoglobins in das Pökelfleischpigment häufig unvollständig verläuft, obwohl die Nitritkonzentration mehr als ausreichend ist (80).

Nach TERPLAN (131) besteht der Farbstoff des rohen umgeröteten Fleisches aus Nitrosomyoglobin und Nitrosomyochromogen, wobei der Gehalt der Einzelkomponenten stark schwankt. Nach LAWRIE (80) kann im Zusammenhang mit der Hydroxylaminbildung bei der Pökelfleischreduktion ein grünes Pigment entstehen.

2.1.3.2 pH-WERT

Der pH-Wert ist sowohl für Fleisch, z.B. Kontrolle der Fleischreifung, Einschätzung des Wasserbindungsvermögens, Erkennung von PSE- und DFD-Fleisch (S.37), als auch für Fleischwaren, z.B. Nachweis des Verderbs von Bedeutung.

Der pH-Wert liegt in Fleisch und Fleischwaren im allgemeinen zwischen 5 und 7. Lebendes Muskelgewebe hat normalerweise einen pH-Wert von etwa 7,2 (54, 144), während unmittelbar nach der Schlachtung ein pH-Wert von 7,0 vorliegt (54, 55, 58, 122, 144). Nach der Schlachtung kommt es zu einer pH-Wert-Erniedrigung durch Milchsäurebildung. Sie setzt unmittelbar nach dem Tode des Schlachtieres ein. Ursache für den Abfall des pH-Wertes im Fleisch nach dem Schlachten ist die postmortale Glykogenolyse (Tabelle 3, Seite 21). Sie ist eng mit dem ATP-Abbau gekoppelt und setzt um so früher ein, je eher das ATP im Muskelstoffwechsel verbraucht ist. Daneben kommt es zu einer Anreicherung bestimmter Metaboliten aus dem Kohlenhydratstoffwechsel bei gleichzeitiger Abnahme des Glykogens (58).

FISCHER und AUGUSTINI (25) haben nachgewiesen, daß die mittleren Konzentrationen an ATP (6,1 bis 0,3 mMol/g) und Glykogen (44 bis 5 mMol/g) um so niedriger und die an Glukose-6-Phosphat (1,3 bis 5,8 mMol/g), Glukose (1,2 bis 5,2 mMol/g) und Lactat (28 bis 115 Mol/g) um so höher sind, je niedriger der pH-Wert (45 min. p.m. im Bereich zwischen 6,6 und 5,61) liegt. Äußere Ein-

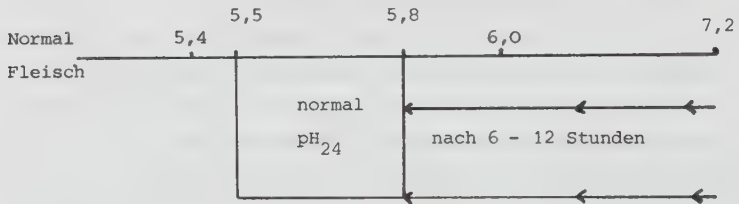
flüsse wie Erregung, starke Transportbelastung, Verletzungen, Abmagerung und schlechte Stallvoraussetzungen können einen übermäßigen Glykogenverbrauch verursachen; d.h. die Säuerung nach der Schlachtung gehemmt abläuft. In gekühltem Fleisch verläuft die pH-Wertsenkung langsamer als bei nicht gekühltem. Bei schnell gekühltem Schweinefleisch geht die pH-Wertsenkung zwar langsamer vor sich, erreicht aber einen um 0,1 niedrigeren Endwert als bei herkömmlich gekühlten Schweinen. Der tiefste pH-Wert wird meistens nach 12, u.U. aber auch erst nach 24 Std. erreicht. Nach etwa 5 Tagen p.m. ist der pH-Wert wieder um 0,2 bis 0,3 pH-Einheiten angestiegen. Dieser Anstieg ist durch Reifungsvorgänge bedingt, bei denen sich Basen (Peptide, Amine) im Fleisch bilden. Mit zunehmender Lagerzeit gewinnen basenbildende und fäulniserregende Keime die Dominanz, was zu einem weiteren pH-Anstieg führt (54).

Es bestehen Unterschiede im pH-Verlauf zwischen verschiedenen Tieren, verschiedenen Rassen und innerhalb der verschiedenen Muskelgruppen eines Tieres. Eine Beeinflussung des pH-Wertes durch das Geschlecht ist nicht feststellbar, und auch das Körpergewicht wirkt sich nur in geringem Maße auf die pH-Wert-Entwicklung aus (45).

Schweinefleisch hat nach dem Auskühlen der Tierkörperhälften - ungefähr 24 h nach der Schlachtung - einen pH-Wert von 5,6 bis 5,9. Bei Rindfleisch fällt der pH-Wert im Verlaufe von 48 h auf 5,4 bis 5,8 (24, 40, 54, 57, 77). Nach HOFMANN (54) hat "normales" Schweinefleisch einen End-pH-Wert zwischen 5,5 und 6,0. Es

sollte 8 Std. nach der Schlachtung einen pH-Wert von unter 6,2 aufweisen. Nach WIRTH (144) hat "normales" Schweinefleisch 6-12 Stt. nach der Schlachtung pH-Werte unter 5,8 (Toleranz bis 6,0). Nach 24 Std. hat es End-pH-Werte zwischen 5,5 und 5,8 (Abb. 2):

Abbildung 2: pH-Bereiche bei Schweinefleisch (WIRTH 1978)



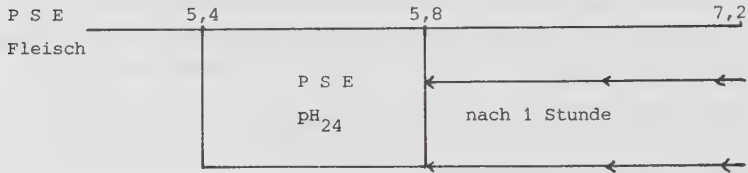
Allmählicher pH-Abfall. Nach 6-12 Stunden pH-Werte unter 5,8 (6,0). Nach 24 Stunden (pH₂₄) End-pH-Werte zwischen 5,5 bis 5,8 (Toleranz 5,4 bis 6,0).

Wenn eine Stunde nach der Schlachtung die pH-Werte bei Schweinefleisch unter 5,8 liegen (18, 40, 54, 136, 144), spricht man von PSE-Fleisch (englisch: pale, soft, exudative; deutsch: blaß, weich, wässrig). Durch eine rasche Säuerung gelangt dieses Fleisch kurz nach der Schlachtung in pH-Bereiche, die normales

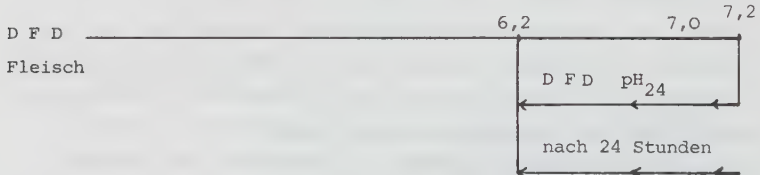
Fleisch erst nach 6-24 Std. erreicht. Seine wesentlichen Eigenschaften sind eine helle Fleischfarbe, ein leicht säuerlicher Geschmack, schlechtes Wasserhaltevermögen, und deshalb eine stark ausgeprägte Pökelfähigkeit, da bei Annäherung an den isoelektrischen Punkt (pH 5,3) die Fleischeiweiße das gebundene Wasser leicht abgeben (Abb. 3). Obwohl dieses Fleisch eine wässrige Oberfläche hat, ist ein beschleunigter Verderb nicht festzustellen (19, 23, 123).

Eine andere Abweichung von der normalen Fleischreifung ist das DFD-Fleisch (englisch: dark, firm, dry; deutsch: dunkel, fest, trocken). 24 Stunden nach der Schlachtung liegen hier die pH-Werte über 6,0. DFD-Fleisch ist aufgrund des hohen pH-Wertes und des hohen Wasserbindungsvermögens besonders anfällig für schnellen Verderb (19, 23, 57, 136, 142). Nach WIRTH (144) ergibt DFD-Fleisch End-pH-Werte zwischen 6,2 und 7,0 (Abb. 3). DFD-Fleisch erreicht zu keiner Zeit den End-pH-Wert von Normalfleisch. Das DFD-Fleisch weist dunkle Fleischfarbe, stumpfe und leimige Anschnittfläche, verminderte Pökelfähigkeit, jedoch im Vergleich zu PSE-Fleisch ausgeprägteres Fleischaroma und bessere Zartheit auf (19, 23).

Abbildung 3: pH-Bereiche bei Schweinefleisch (WIRTH 1978)



Sehr schneller pH-Abfall. Nach 1 Stunde
pH-Werte von 5,8 und tiefer. Nach
24 Stunden (pH_{24}) normal erscheinende
End-pH-Werte zwischen 5,4 bis 5,8.



Langsamer und unvollständiger pH-Abfall
Nach 24 Stunden (pH_{24}) höher als 6,2.
End-pH-Werte zwischen 6,2 bis 7,0.

pH-Werte unter 6,0 sind die Voraussetzung für eine
kräftige und stabile Pökelfarbe. Hohe pH-Werte (6,3 -
6,5) wirken sich auf Geschwindigkeit und Intensität der
Umrötung hemmend aus (19, 47, 124, 143).

Bei Fleischwaren wird der pH-Wert außer durch Reifungsvorgänge (Glykolyse, Tätigkeit von Mikroorganismen) auch durch Zusatzstoffe beeinflusst. Eine Erhöhung des pH-Wertes bewirken verschiedene Salze wie Ascorbate, Citrate oder Phosphate, die infolge Hydrolyse basisch reagieren. Eine Senkung des pH-Wertes führen dagegen Genußsäuren (Essigsäure, Milchsäure, Weinsäure und Zitronensäure), Ascorbinsäure, Glucono-delta-Lacton (GDL) oder Kohlenhydrate (Anhäufung von Gluconsäure und Milchsäure) herbei (19, 54, 55, 121).

Der pH-Wert der Lake kann während der Pökellung einen unterschiedlichen Verlauf aufweisen. Frische Lake sollte nach CORETTI (19) einen pH-Wert zwischen 6,0 und 7,0 haben, während GALLERT (28) pH-Werte von 6,6 - 6,8 angibt. Höhere pH-Werte einer Lake (über 7,0) lassen auf eine instabile oder umgeschlagene Lake schließen (19).

Hohe pH-Werte und niedrige Salzkonzentrationen verursachen eine Quellung, während bei sinkendem pH-Wert und steigender Salzkonzentration diese Quellung schwächer auftritt. Die Randschichten weisen bei einem höheren Salzgehalt sogar eine Entquellung auf, die bei hohen pH-Werten langsamer, bei niedrigen schneller verläuft. Fleisch in einer Lake mit niedrigerem pH-Wert weist eine harte und feste Oberfläche auf, während es in einer Lake mit hohem pH-Wert weiche und leimige Eigenschaften besitzt. Der pH-Wert des Fleisches wird durch den pH-Wert der Lake kaum beeinflusst (28). Je konzentrierter eine Lake ist, um so geringer ist der Einfluß des pH-Wertes auf die Fleischquellung (19).

2.1.3.3 KEIMFLORA

Bei der Herstellung roher Pökelwaren sind Mikroorganismen unerlässlich. Die Verwendung von Salpeter und/oder Nitrit bei der Pökellung hat Auswirkungen auf die Entwicklung der Mikroflora (nitrat- und nitritreduzierende Mikroorganismen) und dadurch auch Rückwirkungen auf den Verlauf des Pökelprozesses. Neben den erwünschten Pökelbakterien kommen in Pökellaken und im Pökelfleisch, oberflächlich und in der Tiefe, verschiedene unerwünschte Mikroorganismen vor. Unter geeigneten Wachstumsbedingungen können sie sich während der Pökellung in der Lake und auf dem oder gar im Fleisch vermehren und zu unerwünschten Veränderungen in Lake und Pökelgut führen.

Die mikrobielle Situation bei der Pökelwarenherstellung hängt von der Beschaffenheit des Rohstoffs, dem Pökelverfahren, dem Lake-Fleischverhältnis, dem Alter und der Zusammensetzung der Pökellake, der Pökeltemperatur, dem pH-Wert, dem Redoxpotential, von atmosphärischen Einflüssen und auch von der Betriebsflora ab (19, 76, 83).

Optimale Pökelbedingungen führen zu einer Selektion der in der Lake vorhandenen Keimarten, begrenzen die Vermehrung der überlebenden Keime und beschränken die Enzymaktivität dieser Keimarten. Werden die Pökelbedingungen in irgendeiner Weise ungünstig, dann verschiebt sich das Verhältnis der Keimarten, erhöht sich die Keimzahl und verstärkt sich die Enzymaktivität

bestimmter Keimarten in unerwünschtem Maße. Dies führt zu Veränderungen einer normalen Lake wie Geruchs- und/oder Geschmacksabweichungen, starke Trübung oder Ausflockung, Schaumbildung, Schleimigwerden, Bildung einer Kahlhaut, Farb-, pH-Wert- und Redoxpotential-Veränderungen (83).

In verschiedenen Schichten einer Lake sind die mikrobiellen Verhältnisse unterschiedlich. An der Oberfläche, zu der Luftsauerstoff Zutritt hat, entwickeln sich aerobe oder sauerstoffunempfindliche Mikroorganismen (z.B. Hefen, Mikrokokken, u.a.), während auf dem Boden des Pökelbehälters und auf der Oberfläche tiefer gelegener Pökelfleischstücke, bedingt durch Redoxpotentialänderung, eine andere Mikroflora vorhanden sein kann (13, 19, 20).

In frisch angesetzten Laken ist der Keimgehalt verhältnismäßig gering (unter 10^4 /ml). Die meisten Keime werden mit dem Fleisch eingebracht. Von der Vielzahl der Keimarten, die man nach der Herstellung der Lake und in der Anfangsphase der Pökelung in der Lake findet, sind folgende hauptsächlich zu nennen: Vertreter der Gattungen Clostridium, Staphylococcus, Salmonella, Pseudomonas, Alcaligenes, Flavobacterium, Acinetobacter, Escherichia, Moraxella, Vibrio, Spirillum, Bacillus (meist Sporen), Streptococcus, Lactobacillus, Arthrobacter, Brevibacterium, Microbacterium, Corynebacterium, Halobacterium, Kurthia, Sarcina, Gaffkya, verschiedene Hefen und Schimmelpilze (13, 19, 78, 81, 83). In Laken mit mehr als 18 % Kochsalz besteht die Flora praktisch vollkommen aus Mikrokokken (13).

In gebrauchten Laken und auf dem Pökelfleisch selbst ist die Zahl der nachweisbaren Arten wesentlich geringer. Am häufigsten kommen Vertreter der Gattungen *Micrococcus*, *Achromobacter*, *Lactobacillus*, *Vibrio*, *Arthrobacter*, *Corynebacterium* und verschiedene Hefen vor. Die Keimzahlen von gebrauchten Laken steigen bis auf 10^7 - 10^9 /ml und darüber an (19, 78).

Verschiedene Mikrokokken, Vibrionen und Laktobazillen zählen zu den wichtigsten Lake-Mikroorganismen (13, 19, 50, 83). Vibrionen wurden vornehmlich in Laken gefunden, die ausschließlich mit Salpeter oder unter Mitverwendung von Salpeter hergestellt wurden, jedoch vereinzelt auch in NPS-Laken (13, 19). Sie bewirken eine Verschiebung des pH-Wertes der Lake in den alkalischen Bereich, insbesondere wenn solche Stämme dominieren, die den zugesetzten Zucker (insbesondere Saccharose) nicht oder nur schlecht abbauen. Durch Laktobazillen und verwandte Arten fällt der pH-Wert der Lake ab und kann Werte unter 5,0 erreichen, während Mikrokokken meist eine mäßige Säuerung mit mittleren pH-Werten herbeiführen (19). Die Mikrokokken bewirken nur mit Glukose eine Säurebildung (13).

Der Keimgehalt von verkehrsfähigen Rohschinken ist mit durchschnittlich 10^2 bis 10^4 Mikroorganismen pro Gramm im allgemeinen gering (51).

Der mikrobielle Verderb stellt für Schinken, mit für Salz und Pökelfstoffe relativ langen Diffusionsstrecken wie Knochenschinken, nicht selten ein Problem dar. Dagegen kommt es bei Spaltschinken aufgrund der günstigeren Diffusionsverhältnisse weniger häufig zum Verderb (51).

Die weitaus am meisten vorkommende Art von Verderb ist mikrobieller Natur, besonders bei Fleisch mit abnormalen biochemischen Verhältnissen, z.B. DFD-Fleisch. An den verschiedenen Stellen eines verdorbenen Schinkens können die Keimzahlen allerdings unterschiedlich sein, da sich die Mikroorganismen aufgrund der Struktur der Rohschinken nicht gleichmäßig ausbreiten können (76). Meist sind in einem verdorbenen Schinken die Keimzahlen in der Muskulatur wesentlich geringer als in den Bindegewebszügen und in der Nähe des Knochens.

Eine übermäßige Säuerung kommt auch bei Rohschinken vor und führt oft zu Ranzigkeit und Farbfehlern. Meist sind Laktobazillen und apathogene Staphylokokken hierfür die Ursache (50, 51); die Restgehalte an Nitrat und Nitrit sind relativ hoch, da die Laktobazillen auf die Pökelfstoffe keine reduzierende Wirkung haben (63, 73, 82, 100, 104, 105, 114). Wenn dagegen Enterobacteriaceae die Verderbnisursache sind, kommt es zur Fäulnis der Schinken. Ist die Pökelttemperatur niedrig genug, um die Vermehrung auch von kältetoleranten Enterobacteriaceae, die sich in DFD-Fleisch besonders gut vermehren können, so lange zu verzögern, bis Salz und Pökelfstoffe eingedrungen sind und diese Mikroorganismen nunmehr durch den a_w -Wert oder durch die bakterizide Wirkung von Salz und Pökelfstoffen gehemmt werden, läßt sich ein Verderb der Schinken weitgehend verhindern. Mit steigendem Salzgehalt steigt die Anzahl der Mikrokokken, die bei einem relativ niedrigen a_w -Wert wachsen, und das Wachstum der Laktobazillen verlangsamt sich (50). Durch den Zusatz von Salpeter läßt sich die Vermehrung der Enterobacteriaceae kaum beeinflussen (51). Vibrionen zeigen ein gutes Wachstum, wenn der Kochsalzgehalt über 4 %, die Temperatur über +7 °C und die relative Luftfeuchtigkeit über 90 % liegt (19).

Nach Ten CATE (14) wird der Schinkenspeck i.d.R. nicht von den Lipasen der in der Lakeflora vorkommenden Kokken beeinflusst; jedoch kann ein Übermaß von Kokken eine Fettspaltung verursachen. Er nimmt an, daß die Lipasen, die beim Reifen der Rohwurst starke Fettsäurespalter sind, beim Pökelprozess, sofern sie nicht völlig abwesend sind, ohne Wirkung bleiben.

Bakterien der Gattung *Leuconostoc* verursachen auf trocken gesalzenen Schinken Oberflächenschleim (83).

Clostridien bewirken bei Rohschinken starke Fäulnis. Auch kältetolerante *Proteus*-Stämme tragen mitunter zum Verderb bei (51). Eine psychrotrophe Mikroflora (Gruppe *Pseudomonas-Achromobacter*) kann den Verderbnisvorgang beschleunigen (34).

Als Lebensmittelvergifter sind für Rohschinken *Staphylococcus aureus* und *Cl. botulinum* von Bedeutung. Jedoch zeigten Versuche, daß *S. aureus* sich im Innern von Knochenschinken anscheinend nicht mehr vermehrt. Der Typ B von *Cl. botulinum*, und besonders dessen nicht-proteolytische Stämme, können bei einer Pökelttemperatur unter 10 °C ein Risiko darstellen, während dies bei proteolytischen *Botulinus*-Stämmen nicht der Fall ist. So können toxinhaltige Schinken sensorisch nur geringe Veränderungen aufweisen, wenn die Stämme nicht-proteolytisch sind. Nitrat hat die Vermehrung von *Cl. botulinum* in Rohschinken nach HECHELMANN u.a. (51) nicht verhindern können. Deshalb sei es fraglich, ob eine "Nitrat-Reserve" bei Rohschinken sinnvoll ist.

Die Vakuumverpackung hat einen Einfluß auf die Zusammensetzung der Mikroflora, die ihrerseits eine Veränderung der Lagerfähigkeit des Produktes bedeutet. Unter Vakuumverpackung wird nicht nur der Wassergehalt des Produktes konstant gehalten, sondern es wird auch der Luftsauerstoff ausgeschlossen. Wachstum von aeroben Organismen, z.B. Schimmel und Hefen ist nicht möglich (50).

2.1.3.4 WASSERAKTIVITÄT (a_w -WERT)

Die Wasseraktivität ist ein Begriff, der 1953 von Scott eingeführt wurde. Der a_w -Wert ist definiert als Quotient des vorliegenden Wasserdampfdruckes zum maximal möglichen Wasserdampfdruck bei der gleichen Temperatur und gilt als Maßzahl des den Mikroorganismen für Stoffwechselvorgänge und Wachstum zur Verfügung stehenden Wassers in einem Lebensmittel (86, 118). Völlig wasserfreie Systeme haben den a_w -Wert 0, destilliertes Wasser den a_w -Wert 1. Vom Gesamtwassergehalt einer Fleischware steht den Bakterien, Schimmelpilzen und Hefen für ihren Metabolismus und für die Vermehrung nur ein bestimmter Teil zur Verfügung, so daß eine Aussage über die mikrobiologische Situation eines Fleisch-Erzeugnisses nicht über den Gesamtwassergehalt, sondern über den a_w -Wert des Produktes zu treffen ist. An der Bildung des a_w -Wertes von Fleisch und Fleisch-Erzeugnissen ist nur der ungebundene Teil des Gesamtwassers, das sog. freie Wasser, beteiligt (116, 118).

Neben dem pH-Wert und der Temperatur stellt der a_w -Wert eines der meßbaren Kriterien dar, durch die ein Eindruck über die mikrobiologische Stabilität von Fleisch und Fleisch-Erzeugnissen gewonnen werden kann (32, 84, 86, 117). Wasser ist notwendig für die Stoffwechsel- und Enzymaktivität, die Vermehrung und die Resistenz der Mikroorganismen. Bei extrem niedrigen a_w -Werten ist keine Vermehrung mehr möglich (84, 85, 86, 114). Halophile Keime, z.B. *Pseudomonas fluorescenz*, brauchen zum Wachstum eine ziemlich hohe Wasseraktivität, während halotolerante Keime wie *Staphylococcus aureus* und auch Stämme von *Micrococcus* bei einem niedrigeren a_w -Wert noch wachsen. *S.aureus* z.B. wird erst bei einer Wasseraktivität unter 0,80 gehemmt. Unter anaeroben Bedingungen, also in einer Vakuumverpackung, wird *S.aureus* allerdings bei einem a_w -Wert von 0,90 völlig gehemmt. Auch sind xerophile Schimmelpilze (z.B. *Xeromyces bisporus*) und osmophile Hefen, die erst bei a_w -Werten von 0,65 bzw. 0,60 gehemmt werden können, in Pökelfleischwaren zu finden (50, 84). Die Hitzeresistenz der Mikroorganismen nimmt im allgemeinen mit fallendem a_w -Wert zu (86).

Der a_w -Wert beeinflußt in Fleisch und Fleischwaren maßgeblich nicht nur mikrobiologische, sondern auch biochemische und physikalisch-chemische Vorgänge. Die Aktivität der Enzyme in Lebensmitteln ist vom a_w -Wert abhängig (32), z.B. werden wichtige Enzyme wie Amylase, Phenoloxydase und Peroxydase von a_w -Werten unter 0,85 gehemmt; andererseits bleiben Lipasen bis zu a_w -Werten von weniger als 0,3 noch aktiv (85). Chemische Reaktionen, z.B. die Maillard-Reaktion, die autokatalytische Hydrolyse von Fett und die Oxidation von ungesättigten Fettsäuren, sind ebenfalls vom a_w -Wert des Fleischproduktes abhängig (85, 115).

Der a_w -Wert läßt sich durch Auswahl und Behandlung des Fleisches und durch die Rezeptur in Bezug auf Kochsalz, Zucker und bei Rohwurst auch über den Fettgehalt beeinflussen (147). Je größer die Menge an Salzen, Zuckern und Eiweißstoffen in einem Produkt ist, desto niedriger ist der a_w -Wert (86, 115).

Mit einem Anstieg der Temperatur vermehrt sich der Anteil des sog. freien Wassers infolge Vergrößerung der kinetischen Energie der Wassermoleküle. Dadurch wird die im Fleisch und Fleisch-Erzeugnis vorliegende und den a_w -Wert bestimmende Kochsalzkonzentration der wässerigen Phase verdünnt und damit eine a_w -Wert-Erhöhung bewirkt (116, 118, 133).

Ein pH-Wert von 5,3 stellt für das Fleischeiweiß den Punkt dar, an dem die Eiweißkörper durch elektrochemische Vorgänge ihre normalerweise starke Bindungskraft für Wasser einbüßen, so daß die Verbindung von Eiweißkörper und Wasser gelöst wird. Dies hat einen Anstieg des a_w -Wertes zur Folge (115).

Eine Möglichkeit der Steuerung des a_w -Wertes ist während des Reifeverlaufes durch eine optimale Wasserabgabe an die Umgebungsluft gegeben. Durch diese Abtrocknung kommt es im Verlauf einer Reifung zu einem Absinken des a_w -Wertes und damit zu einem relativen Anstieg des Kochsalzgehaltes (115).

Speck hat eine sehr niedrige Wasseraktivität, wodurch eine gute Stabilität gegenüber mikrobiologischen Vorgängen zu erwarten ist (117). Andererseits ist aber die Oxidationsbereitschaft bei niedriger Wasseraktivität relativ hoch, die bei Speck die Ranzigkeit fördert (84).

Bei der Fettabdeckung von Tierkörperteilen liegen die a_w -Werte zwischen 0,956 und 0,900. Dies ist wichtig für die Fleisch-Erzeugnisse, denen die Speckabdeckung teilweise als Oberfläche dient (117). Da Fett wenig Wasser enthält, wird der a_w -Wert der Magerfleischanteile indirekt beeinflusst, in dem sich die vorhandenen wasserlöslichen Substanzen, insbesondere Kochsalz stärker konzentrieren können (147). Andererseits verhindert die Fettabdeckung aufgrund der hydrophoben Eigenschaften als eine Art Sperrschicht die Abtrocknung darunterliegender Muskelpartien (86).

DFD-Fleisch mit einem durchschnittlich höheren pH-Wert und einer leimigen Fleischbeschaffenheit ist durch eine stärkere Wasserbindung und deswegen auch durch eine entsprechend schlechtere Wasserabgabebereitschaft gekennzeichnet als PSE- oder Normalfleisch. Dadurch ist DFD-Fleisch ungleich schwerer im a_w -Wert zu senken (123).

Da die Wasseraktivität verschiedener Muskeln von Schwein und Rind weitgehend übereinstimmt, kann man beim frischen, nicht abgetrockneten Fleisch von einem a_w -Wert von 0,990 ausgehen (86, 133).

Für Rohpökelfleisch werden von WIRTH, LEISTNER und RÜDEL (147), je nach Ausreifungsgrad, a_w -Werte von 0,96 bis 0,80 angegeben. LEISTNER und WIRTH (86) ermittelten bei Rohschinken sehr unterschiedliche a_w -Werte, die zwischen 0,86 und 0,97 lagen, und bei Bündner Fleisch a_w -Werte zwischen 0,86 und 0,94.

2.1.3.5 GEHALTE AN PÖKELSTOFFEN

Die Restgehalte an Nitrat und Nitrit in Rohpökelfleisch werden in der Anl. 1, Nr. 1 zu § 1 Abs. der FleischVO reglementiert. So dürfen bei solitärer Verwendung von KNO_3 und einer Kombination von NPS und KNO_3 die Gesamtgehalte an Nitrit und Nitrat (berechnet als KNO_3) bei Rohschinken, die nur aus einem Teilstück bestehen 600 mg pro kg Fleisch- und Fettmenge nicht überschreiten. Ausgenommen sind Nußschinken, Lachsschinken und andere, die nur mit NPS hergestellt werden dürfen. Bei der ausschließlichen Verwendung von NPS darf der Gesamtbetrag an Nitrit und Nitrat (berechnet als NaNO_2) im Fertigerzeugnis, bezogen auf 1 kg Fleisch- und Fettmenge, folgenden Wert nicht übersteigen: 150 mg/kg bei Rohschinken, ausgenommen Nußschinken, Lachsschinken und andere nur aus einem Teilstück bestehende Rohschinken, für welche eine Höchstrestmenge von 100 mg/kg festgelegt ist.

Pökeltemperatur, pH-Wert, Pökelzeit, Menge und Zusammensetzung der Pökelmischung bei der Trockenpökung, Lakekonzentration und Lake-Fleisch-Verhältnis bei der Naßpökung, weiterhin Größe, Zuschnitt und gewebliche Zusammensetzung der Pökelstücke sind veränderliche Faktoren, die die Diffusion der Pökelstoffe und deren Restgehalte beeinflussen. Nach Entnahme aus dem Pökelbehälter sind weitere wichtige Punkte Durchbrennzeit, Räucherzeit, Räuchertemperatur und Lagerzeit der Schinken.

Es ist noch nicht gesichert bekannt, ob und wieviel Nitrat in Lake zu Nitrit umgewandelt wird (113, 146).

WIRTH (143) fand bei der Herstellung von Rohwurst unter Zugabe von etwa 150 ppm NaNO_2 oder 500-600 ppm KNO_3 10 Tage nach der Herstellung bei Nitritzugabe noch etwa 10-20 ppm Nitrit und 30-50 ppm Nitrat wieder, bei Nitratzugabe dagegen 10-20 ppm Nitrit und 150-200 ppm Nitrat. Nach 30 Tagen verblieben im allgemeinen nach Nitritverarbeitung <10 ppm Nitrit/ <20 ppm Nitrat, gegenüber <10 ppm Nitrit/ <100 ppm Nitrat nach Nitratzugabe.

Nach den von TERPLAN (131) gesammelten Quellen sollte ein höherer Nitritgehalt als 25 mg/100 g Probe in sachkundig hergestellten Pökelfleischwaren unwahrscheinlich sein. Nur unter außergewöhnlichen Bedingungen kann bei der Salpeterpökelfleischherstellung auch die Entstehung von mehr Nitrit als 50 mg/100 g Probe möglich sein.

Nach AUERBACH und RIESS (1) enthalten 100 g von mit Salpeter gepökelten Fleischwaren nie mehr als 15 mg Nitrit, selbst wenn das 3fache der üblichen Menge an Salpeter verwendet würde.

Bei Rohschinken, nach kombinierter Nitrit/Nitrat-Verarbeitung, wurden von WIRTH (145, 146) hohe Restnitratgehalte (200-1200 ppm) während der gesamten Zeit der Verkaufsfähigkeit der Schinken festgestellt. Die Restnitritgehalte lagen im Bereich von 20-60 ppm (Ausnahme bis 80 ppm). Bei ausschließlicher Verwendung von NPS hatten die Rohschinken sowohl bei Trocken- als auch bei Naßpökelfleischherstellung niedrige Restnitritgehalte (10-30 ppm). Dabei wurden auch Nitratgehalte von 20-80 ppm festgestellt.

Bei Verwendung von NPS im Spritzpökelfverfahren wurden während der Verkaufsfähigkeit der Schinken relativ niedrige Restnitrit- und Nitratgehalte ermittelt. Bei kombinierter Anwendung von Nitrit und Nitrat dagegen wurde im Endprodukt eine relativ große Menge von Restnitrat wiedergefunden (Tabelle 4) (145).

Tabelle 4:

Nitrit- und Nitratgehalte in Rohschinken nach Spritzpökellung, 8 %ige Spritzlake (10 Gew.-%), 10 %ige Aufgußlake (4 Tage) (nach WIRTH 1980)

	Nitrit		Nitrit + Na-Ascorbat		komb. Nitrit/Nitrat	
	Rest-Nitrit in ppm	Rest-Nitrat in ppm	Rest-Nitrit in ppm	Rest-Nitrat in ppm	Rest-Nitrit in ppm	Rest-Nitrat in ppm
Nach der Fertig- Stellung	70	20	40	40	85	400
1 Woche Lagerung	20	30	≤ 10	50	15	650
2 Wochen Lagerung	10	40	≤ 10	60	≤ 10	700

Der Grund für diese relativ hohen Restnitratgehalte bei der Nitratpökellung besteht nach PFEIL und LIEPE (105) darin, daß sich in der Muskulatur gesunder Tiere in der Regel keine oder nur wenige Keime befinden und so die Nitratreduzierung stark eingeschränkt ist.

Von WIRTH (146) wurden bei aus dem Handel entnommenen Rohpökelfprodukten sehr geringer Restnitrit- (<5 ppm) und Restnitratmengen (<30 ppm) registriert.

2.2 VERPACKUNG VON ROHPÖKELWAREN

Der Verpackung kommt nicht nur als Informationsträger, sondern auch im Hinblick auf die Qualitätserhaltung des verpackten Gutes auf dem Wege vom Produzenten zum Verbraucher hohe Bedeutung zu. Die Voraussetzung für eine optimale Verpackung wasserdampf-, sauerstoff- oder lichtempfindlicher Lebensmittel ist die Kenntnis der Abhängigkeit unerwünschter Veränderungen solcher Lebensmittel von den Bedingungen, welche in der Außenatmosphäre herrschen können.

Die Qualitätseinbußen von verpackten Gütern können folgende Gründe haben (52):

- a) Verlust von Nähr- und Wirkstoffen,
- b) Einbuße an Farbe, Aroma, Textur und allgemeinem Aussehen,
- c) enzymatische Veränderungen und
- d) Verderb durch Mikroorganismen.

Durch Anwendung von Vakuum- oder Schutzgaspackungen hat man den Luftsauerstoff als Reaktionspartner für chemische Umsetzungen weitgehend entzogen. Weiterhin werden durch den Entzug des Sauerstoffs die aeroben Keime sowie Hefen und Schimmelpilze in ihrer Tätigkeit stark eingeschränkt (52, 119, 130, 136, 138).

Nach HEISS (52) wird der Verderb sauerstoffempfindlicher Lebensmittel bei Sauerstoffangebot von der Reaktionsgeschwindigkeit des Sauerstoffs mit dem betreffenden Gut bestimmt; diese ist bei gegebenem

Sauerstoffpartialdruck und gegebener Temperatur von der Fettsäurezusammensetzung, der Konzentration und Wirksamkeit von Pro- und Antioxydantien und der sauerstoffberührten spezifischen Oberfläche abhängig. Bei niedrigen Sauerstoffpartialdrücken (von 0-10 Torr) tritt z.B. bei Sojaöl eine deutliche Senkung der Oxidationsgeschwindigkeit sowie eine wesentliche Verlängerung der Haltbarkeit ein.

Der Luftsauerstoff beeinflusst die Farbveränderungen des Fleisches maßgeblich, da das rote Oxymyoglobin bei einer weiteren Einwirkung des Sauerstoffs zum unerwünschten graubraunroten Metmyoglobin weiteroxidiert (119, 130). Diese Umwandlung hat ihr Maximum bei 24 Torr Sauerstoffpartialdruck. Auch verläuft die Metmyoglobinbildung aus Nitrosomyoglobin bei gepökelten Fleisch- Erzeugnissen ungefähr proportional zum Sauerstoffpartialdruck (52).

Vielen Trockenlebensmitteln, z.B. Fleisch, Milch und manchen Säuglingsnahrungsmitteln scheint eine Sauerstoffaufnahme von höchstens 0,015 mg O₂/g Gut zuträglich zu sein. Bei Trockenlebensmitteln scheint eine rasche Sauerstoffsättigung des enthaltenen Wassers oder Fettes wegen des herrschenden Diffusionswiderstandes unwahrscheinlich zu sein, jedoch treten oxidative Fettveränderungen auf, die von der Menge des vorhandenen Wassers sowie dessen Bindungszustand und Beweglichkeit verursacht werden können (52, 79).

Sauerstoffempfindlich sind Fettsäuren, die Vitamine A, C und E und bestimmte Aminosäuren (z.B. Arginin, Histidin, Lysin, Methionin) (52).

Die auf das Lebensmittel auftreffenden Lichtstrahlen vermögen in diesem infolge ihres Energiegehaltes unerwünschte Veränderungen auszulösen, an denen fast immer auch der Luftsauerstoff und hohe Temperaturen mitwirken. Sie äußern sich durch allgemeinen Aromaverlust, aber auch durch unangenehmen Geruch, vor allem unmittelbar nach dem Öffnen einer Packung, durch unerwünschte Farbveränderungen und Vitaminverluste (119, 120, 130).

Die Bedeutung des Lichteinflusses (Bestrahlungsstärke, Wellenlänge, Verweilzeit im Licht) für die Fettoxidation, die eine Kettenreaktion darstellt (127), besteht in der kurzzeitigen Bildung meßbarer Mengen an Hydroperoxiden durch Addition des Sauerstoffs an die Mehrfachbindungen der ungesättigten Fettsäuren, die ihrerseits durch Zerfall die Startradikale für die autokatalytisch verlaufende Oxidation liefern (52). Nach SMITS, BECKER und HEISS (127) hat die Einwirkung von kurzwelligem Licht (blau 458 nm) oder UV-Strahlen im Vergleich zu längerwelligem (z.B. gelb 577 nm) eine wesentliche Steigerung der Oxidationsgeschwindigkeit zur Folge - nämlich um das 35fache. Allgemein wird in der Literatur über die Fettoxidation in Verbindung mit dem Lichteinfluß angegeben, daß die Reaktionsgeschwindigkeit der Quadratwurzel der Bestrahlungsstärke proportional sei. Neben den Veränderungen der Fette werden auch Oxidationen der ätherischen Öle der Gewürze beobachtet.

Lichtempfindlich sind die Vitamine A, C und auch Aminosäuren wie Histidin, Tryptophan, Tyrosin, Phenylalanin und schwefelhaltige Aminosäuren (52).

Vakuumverpacktes Pökelfleisch sollte dunkel aufbewahrt werden. Wird künstliches Licht überhaupt benötigt, so wird eine Lichtstärke von nicht mehr als 60 Lux empfohlen (147), damit verbliebene Sauerstoffspuren biologisch abgebaut werden können (130).

SACHAROW (119) meint hinsichtlich der Lagerdauer vakuumverpackten Fleisches, daß die Vakuumverpackung dann am günstigsten ist, wenn der Anfangskeimgehalt möglichst niedrig ist. Liegt der Anfangskeimgehalt unter 1000 Keimen/g Fleisch, so bleibt vakuumverpacktes Fleisch doppelt so lange verkäuflich wie nicht vakuumverpacktes. Sehr feuchtes Pökelfleisch ist im allgemeinen für eine Vakuumverpackung ungeeignet, weil der Ware Flüssigkeit entzogen wird, die frei in der Packung vorhanden ist (119, 137).

Die Verpackung als eine entscheidende Voraussetzung für den Verkauf qualitativ hochwertiger Ware ist von mehreren Eigenschaften der Folien abhängig. Packmittel gehören zu den Bedarfsgegenständen im Sinne von § 5 Abs. 1 Nr. 1 LMBG. Nach § 31 Abs. 1 desselben Gesetzes ist es verboten, diese gewerbsmäßig so zu verwenden oder für solche Verwendungszwecke in den Verkehr zu bringen, daß von ihnen Stoffe auf Lebensmittel oder deren Oberfläche übergehen, ausgenommen gesundheitlich, geruch oder geschmacklich unbedenkliche Anteile, die technisch unvermeidbar sind. Von den vielen möglichen Kombinationen haben sich nach NETZERT (99) für die Verpackung hauptsächlich fünf Verbundfolien mit folgenden Trägerfolien durchgesetzt:

- 1) Polyester-Folie,
- 2) Zellglas-Folie,
- 3) gestreckte, thermofixierte Polypropylen-Folie,
- 4) nicht gestreckte Polyamid-Folie und
- 5) Hart-PVC-Folie.

Die oft sehr hohen Anforderungen an Verbundfolien führen u.a. zu ergänzenden Schichten, z.B. durch Lacke auf der Basis von Nitrocellulose (NC), und Zwischenschichten aus Polyvinylidenchlorid (PVDC) (99).

Die Thermoplaste, zu ihnen gehören PVC, Polyesterfolien (als Schrumpfbeutel im Handel) und Polyester/Polyäthylen-Verbundfolien (Siegelrandbeutel) sowie bestimmte Polyamid/Polyäthylen-Verbundfolien - nehmen eine Vorrangstellung ein, da sie folgende Anforderungen erfüllen (3, 6, 98, 128):

- a) Schutz des Fleisches vor schädigenden äußeren Einflüssen,
- b) geschmackliche und geruchliche Indifferenz,
- c) Aromaschutz,
- d) Fett- und Öldichtigkeit,
- e) gute Kombinationsmöglichkeit mit anderen Packstoffen,
- f) große mechanische Festigkeit; die mechanische Festigkeit ist so hoch, daß selbst dünne Folien nicht von Hand eingerissen werden können - die Reißfestigkeit je mm^2 Querschnitt beträgt bei Polyester 22-30 Kp (im Vergleich dazu Stahl 40-60 Kp),

- g) gute Temperaturbeständigkeit; der Gebrauchstemperaturbereich von Polyester reicht von -200 bis +200 °C,
- h) Chemikalienbeständigkeit gegen Laugen, Salzlösungen, Alkohole, Benzinkohlenwasserstoffe, die meisten verdünnten und konzentrierten Säuren,
- i) Gasdurchlässigkeit; Polyesterfolien haben eine geringere Durchlässigkeit als Polyamid-Verbundfolien (Nylon 6/Polyäthylen). Für die Haltbarkeit von Fleisch-Erzeugnissen ist die O₂-Durchlässigkeit entscheidend. Bei dem Licht ausgesetzten empfindlichen Fleisch-Erzeugnissen werden Folien mit einer Sauerstoffdurchlässigkeit von $10 \frac{\text{cm}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{atm}}$ bei 20 °C als ausreichend angesehen.
- j) sehr geringe Wasseraufnahme und Wasserdampfdurchlässigkeit,
- k) Flexibilität und Anpassungsfähigkeit an die Gestalt des Füllgutes; Polyesterbeutel und Polyester-Verbundfolien lassen sich leichter evakuieren als ausgesprochen weiche Folien und eignen sich besonders für Vakuumpackungen,
- l) weitgehende Gestaltungsfreiheit,
- m) Clipfestigkeit oder Siegel- und Schweißfähigkeit; beim Siegeln von Polyester-Verbundfolien durch die notwendige Schweißtemperatur entstehen keine nennenswert geschwächten Randzonen unmittelbar neben den Siegelnähten,

- n) leichte und wirtschaftliche Verarbeitbarkeit durch Handarbeit und Maschinen,
- o) Bedruckbarkeit,
- p) Einfärbbarkeit,
- q) Transparenz,
- r) Widerstandsfähigkeit gegen Mikroorganismen und
- s) Preiswürdigkeit.

3 EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1 MATERIAL UND METHODIK

3.1.1 VERSUCHSMATERIAL UND FLEISCHVORBEREITUNG

Als Material kamen aufgetaute Hinterschinken zur Verwendung. Die Fleischstücke wurden entbeint, die Oberschale abgetrennt und die Hüfte rundgeschnitten. Die Schinken bestanden somit aus Eckstück, Rolle, Nuß und Hüfte einschließlich aufliegendem Fettgewebe und Schwarte. Zur Verarbeitung gelangten die Schinken gut durchgekühlt mit Kerntemperaturen von $+1$ bis $+3$ °C und wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt:

Gewicht: 4,5 - 6,5 kg

pH-Wert in der Nuß: 5,6 - 6,0.

3.1.2 HERSTELLUNG DER ROHEN SPALTSCHINKEN

- a) In einem Pökelbehälter wurden insgesamt 180 Schinken mit einer NPS/Salpeter- und Gewürzmischung trocken gesalzen. Von diesen 180 waren 10 übereinanderliegende Stücke zur Gewichts- und pH-Wert-Messung während der Herstellung bestimmt. Die Salz-, Pökelstoff- und Pökelhilfsstoffzugabe errechnete sich aus der für den ganzen Behälter verwendeten Menge und dem Gewicht aller Schinken.

Eine Woche danach wurden die Fleischstücke gewendet, umgepackt und erneut mit Pökelmischung und Gewürzen eingerieben. Die Schinken wurden insgesamt dreimal umgepackt und beim Umpacken so gegeneinander ausgetauscht, daß die oberen Schichten nach unten kamen. Die Eigenlake konnte abfließen. Bei der Trockensalzung betrug die Salzungszeit 30 Tage.

Zusammensetzung der Pökelmischung:

15	kg	Kochsalz
25	kg	Nitritpökelsalz
1	kg	Roschi aktiv (25 % Salpetergehalt)
1	kg	Roschi Würzung
4	kg	Zucker
1,5	kg	Knoblauchpaste
1,5	kg	Gewürzmischung

Pökelmischungszugabe:

1. Salzung: 49 kg Pökelmischung auf ca. 1400 kg
2. Salzung: 49 kg Pökelmischung auf ca. 2500 kg
3. Salzung: 49 kg Pökelmischung auf ca. 5000 kg

- b) Nach der Trockensalzung wurden die gut gewässerten Schinken 8 Tage in eine frisch angesetzte 10 %ige NPS-Lake eingelegt.
- c) Danach wurden die Fleischstücke mit lauwarmem Wasser zur Entfernung oberflächlich haftender Pökelstoffmengen gewässert und 2 - 3 Tage im Hängen durchgebrannt (Vortrocknung). Salzen und Durchbrennen erfolgten bei einer Temperatur von 8 °C.

Die weitere Behandlung der Schinken erfolgte wie nachstehend aufgeführt:

- d) 24 Stunden Warmräucherung bei 40-42 °C;
danach 4-5 Tage Kalträucherung bei 18-22 °C.
- e) 2-3 Tage Abhängen bei 16-18 °C.
- f) 10 Tage Abhängen im Klimalager bei 15-16 °C und relativer Feuchtigkeit von 80 %.
- g) Vakuumverpackung als ganze oder halbe Schinken in Kunststoffolien.
- h) Lagerung bei 15-16 °C bis zu 6 Monaten unter Lichtabschluß.

Probenmaterialbehandlung

Für die Untersuchungen wurden die Proben wie folgt entnommen:

Die Schinken-Charge, an der die Untersuchungen während der Herstellungsdauer durchgeführt wurden, umfaßte 25 Schinken. Nach jeder Herstellungsphase wurden der Charge jeweils 5 Schinken entnommen und untersucht. Zu diesem Zweck wurde eine 200 g schwere Scheibe aus der Schinkenmitte geschnitten und bis zur Analyse vakuumverpackt aufbewahrt. Die Analyse erfolgte ohne Schwarte, jedoch mit Speckanteil.

Die Charge, an der die Untersuchungen während der Lagerung vorgenommen wurden, umfaßte 45 Schinken. Davon wurden 5 Schinken vor der Lagerung untersucht. 15 Schinken wurden bei 15-16 °C vakuumverpackt und die restlichen 15 bei 16-18 °C unter Lichtabschluß unverpackt gelagert. Nach den einzelnen Lagerungsstufen wurden je 5 vakuumverpackte und unverpackt gelagerte Schinken entnommen und untersucht. Zur Untersuchung der Scheibe, der Kern- und der Randzonen wurden 2 Scheiben von insgesamt ca. 300 g aus der Mitte des Schinkens geschnitten. 2 weitere Scheiben dienten der Bestimmung der Umrötung in Scheibe und Randzone, da diese im Gegensatz zu allen anderen Untersuchungen ohne Speckanteil vorgenommen wurde. An den restlichen 10 Schinken wurde die Entwicklung der Gewichte kontrolliert.

3.1.3 MESSUNGEN UND ANALYSEN

Methodik der Nitritbestimmung (DIN-Vorschrift)

Etwa 10 g der gut homogenisierten Probe werden auf 1 mg in einen Weithalserlenmeyerkolben eingewogen, mit 10 ml gesättigter Borax-Lösung und 50 ml heißem Wasser versetzt und 30-60 sec. mit einem Ultra-Turrax Gerät homogenisiert. Das Gerät wird mit weiteren 50 ml Wasser sorgfältig abgespült; danach wird die Probe 15 min. im siedenden Wasserbad erhitzt und wiederholt gut durchgerührt. Nach Abkühlung werden nacheinander 2 ml Reagenz I und 2 ml Reagenz II zugegeben. Nach jeder Zugabe wird gründlich durchgemischt. Der Inhalt wird quantitativ in einen 200 ml-Meßkolben überführt, mit Wasser dest. zur Marke aufgefüllt, gründlich durchgemischt und 30 min. bei Raumtemperatur stehengelassen. Die überstehende Flüssigkeit wird vorsichtig abgegossen und durch ein Faltenfilter filtriert, um eine klare Lösung zu erhalten (Probelösung). Der erste Anteil des Filtrats wird verworfen. Anschließend werden zu 10 ml der Reagenzmischung (Farbreagenz I und Farbreagenz II im Verhältnis 1:1) 10 ml der Probelösung pipettiert. Nach dem Umschwenken wird 30 min. lang bei Raumtemperatur im Dunkeln stehengelassen. Es tritt dann eine rosa-violette Farbtönung auf. Die Extinktion der Lösung wird photometrisch bei einer Wellenlänge von 540 nm gemessen.

Berechnung

Der Gehalt an Nitrit wird als Natriumnitrit (NaNO_2) in mg/kg (ppm) der Probe nach folgender Gleichung berechnet:

$$\text{NO}_2 = \frac{m_2 \times F}{m_o}$$

m_2 aus der Vergleichskurve abgelesene Masse Nitrit in μg ,
die in 10 ml der Probelösung enthalten ist

m_o Probeneinwaage in g

F Verdünnungsfaktor (hier $F = 20$)

Methodik der Nitratbestimmung

Aus demselben Filtrat wird gleichzeitig auch eine Nitratbestimmung vorgenommen. Nitrat wird mittels Cadmiumschwamm zu Nitrit reduziert und nach der o.a. Methode gemessen.

20 ml des behandelten Filtrates und 5 ml Ammoniak-Pufferlösung werden gemischt und auf die Cadmiumsäule gegeben. Das Eluat wird in einem 100 ml-Meßkolben gesammelt, und sobald der Vorratsbehälter der Säule leer ist, werden die Wände 3 mal mit 15 ml Aqua dest. gewaschen. Anschließend wird bis zur Eichmarke mit aqua. dest. gefüllt. 10 ml des Eluats werden zur o.a. Nitritbestimmung verwendet.

Berechnung:

Der Nitratgehalt wird als Gehalt an Kaliumnitrat in mg/kg der Probe angegeben. Der Nitratgehalt wird nach folgender Zahlenwertgleichung berechnet:

$$G_{\text{KNO}_3} = 1,465 \left(c \times \frac{F}{E} - G_{\text{NaNO}_2} \right)$$

Hierin bedeutet:

- E Einwaage in g
- F Verdünnungsfaktor (hier $F = 100$)
- c aus der Vergleichskurve entnommener Wert in μg
- G_{NaNO_2} Nitritgehalt der Probe in mg/kg

Chemikalien der beiden o.a. Methoden:

- 1 Lösungen zum Fällern der Proteine
 - 1.1 Reagenz I
Kalium-hexacyanoferrat (II)-Lösung,
 $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \times 3\text{H}_2\text{O}$
 - 1.2 Reagenz II
Zinkacetat, $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ und Essigsäure
Dichte 96 g/ml
 - 1.3 Borax-Lösung, gesättigt
Dinatriumtetraborat-Dekahydrat, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$
- 2 Lösung zur Farbentwicklung
 - 2.1 Lösung I
Sulfanilamid, $\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$ und Salzsäure
Dichte 1,19 g/ml
 - 2.2 Lösung II
N-(1-Naphthyl)-ethylendiammoniumchlorid,
 $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{Cl}_2\text{N}_2$

Methodik der Kochsalzbestimmung

Das oben bei Nitrit- bzw. Nitratbestimmung gewonnene Filtrat kann auch für die Bestimmung des Kochsalzgehaltes verwendet werden.

20 ml des Filtrates werden in einen 300 ml-Erlenmeyerkolben mit Schliffstopfen pipettiert. Nach Zugabe von 5 ml Salpetersäure und 1 ml Indikatorlösung werden 20 ml Silbernitrat-Maßlösung ($0,1 \text{ mol/l} = 0,1 \text{ N}$) in den Erlenmeyerkolben pipettiert. Es wird gründlich durchgemischt und kräftig geschüttelt, damit der Niederschlag koaguliert. Der Inhalt des Erlenmeyerkolbens wird anschließend mit Kaliumthiocyanat-Maßlösung ($0,1 \text{ mol/l} = 0,1 \text{ N}$) bis zur schwachen Braunfärbung titriert.

Berechnung:

Der Gesamtgehalt G an Chloriden als Kochsalz (NaCl) in g/100 g der Probe wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$G = \frac{(a-b) \times 0,058448 \times 100}{m}$$

a Vorgelegtes Volumen Silbernitrat-Maßlösung (20 ml)

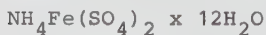
b Verbrauch an Thiocyanat-Maßlösung in ml

m Einwaage in g

Chemikalien:

1 Indikatorlösung

 Gesättigte Lösung von Ammoniumeisen(III)-sulfat,



Bestimmung des Wassergehaltes

Die Bestimmung des Wassergehaltes erfolgte durch thermische Austreibung des Wassers und Bestimmung des dadurch bedingten Gewichtsverlustes.

5-10 g der Probe werden auf 1 mg genau in eine mit 30 bis 35 g Seesand gefüllte, mit einem Glasstab versehene, zusammen mit dem Sand und dem Glasstab vorgetrocknete Abdampfschale eingewogen. Dann werden eingewogene Probe und Seesand in der auf schwarzes Glanzpapier gestellten Schale gleichmäßig verrieben und über Nacht im Trockenschrank bei $104^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ getrocknet. Danach wird das Schälchen in einen Exsikkator gestellt, abgekühlt und rasch gewogen.

Berechnung:

Der Wassergehalt G_w in g/100 g der Probe wird nach folgender Formel berechnet:

$$G_w = \frac{(A-B) \times 100}{m}$$

G_w Wassergehalt der Probe in %

A Gewicht des Schälchens (Sand, Glasstab, Probe)
in g vor der Trocknung

B Gewicht des Schälchens (Sand, Glasstab, Probe)
in g nach der Trocknung

m Gewicht der Probe

Bestimmung des Gesamtfettgehaltes (SOXHLET-Extraktion)

Der Trocknungsrückstand von der Wassergehaltsbestimmung wird quantitativ aus dem Metall- oder Porzellanschälchen in die Extraktionshülse unter Verwendung von mit dem Lösungsmittel angefeuchteter Watte gebracht. Die Watte wird ebenfalls in die Extraktionshülse gegeben. Die Extraktionshülse wird in den Extraktionsaufsatz gesteckt und das Lösungsmittel Dichlormethan in den Kolben des Extraktionsapparates gefüllt. Die Lösungsmittelmenge soll etwa 1,5 mal so groß sein wie die Kapazität des Extraktionsaufsatzes. Der Kolben wird an den Extraktionsaufsatz gesteckt und im Sandbad bis zum völligen Extrahieren des Fettes aus der Hülse erwärmt. Anschließend wird das Dichlormethan abdestilliert, der Kolben in waagrechtter Stellung im Trockenschrank bei $104^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 1 Std. lang getrocknet und nach dem Abkühlen auf Zimmertemperatur gewogen.

Berechnung:

Der Gesamtfettgehalt G_F in g/100 g der Probe wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$G_F = \frac{(m_2 - m_1) \times 100}{m}$$

G_F Fettgehalt der Probe in %

m_1 Masse des leeren Kolbens in g

m_2 Masse des Kolbens mit Fett nach der Trocknung in g

m Gewicht der Probe, die für die Wassergehaltsbestimmung verwendet wurde in g

Bestimmung des Rohproteingehaltes (KJELDAHL)

Etwa 2 g der gut homogenisierten Probe werden in ein Wägeschiffchen auf 1 mg genau eingewogen. Das Schiffchen wird in einen 500 ml-Kjeldahlkolben gegeben. Dann werden 20 ml Schwefelsäure und eine Kjeldahl-Tablette zugesetzt. Der Kolben wird zweckmäßigerweise zunächst eine Weile stehen gelassen, bis sich das Wägeschiffchen und ein Teil der Probe gelöst haben. Nach gründlichem Durchmischen des Kolbeninhalts und Zugabe einiger Glasperlen wird zunächst vorsichtig, dann kräftiger auf dem Intensivheizgerät erhitzt. Der Aufschluß ist beendet, wenn das Schäumen aufhört und die Lösung vollständig klar und farblos ist. Nachdem der Kolbeninhalt auf Raumtemperatur abgekühlt ist, wird die Lösung vorsichtig mit Wasser auf etwa 100 ml verdünnt. Der Kolbeninhalt muß dabei wegen der auftretenden Verdünnungswärme unter einem Wasserstrahl gekühlt werden.

In einen 300 ml-Erlenmeyerkolben werden 25 ml gesättigte Borsäure-Lösung sowie 5 Tropfen Tashiro-Indikator gegeben. Der so beschickte Kolben wird unter den Kühlerauslauf der Apparatur für die Stickstoffbestimmung gestellt. Die verdünnte Aufschlußlösung wird quantitativ unter mehrmaligem Ausspülen des Kjeldahlkolbens mit Wasser in die Apparatur überführt und nach Zusatz von einigen Tropfen Methylorangelösung vorsichtig in kleinen Anteilen mit Natronlauge im Überschuß versetzt. Anschließend wird mittels Wasserdampf destilliert. Die Destillation ist beendet, wenn etwa 200 ml Destillat vorliegen. Die Vorlage darf sich bei der Destillation nicht erwärmen. Nach Abspülen des Kühlerauslaufs mit Wasser in die Vorlage wird mit Salzsäure ($0,1 \text{ mol/l}$ = $0,1 \text{ N}$) bis zum Farbumschlag über grau nach rot titriert.

Berechnung:

Der Gesamtstickstoffgehalt G_N in g/100 g der Probe wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$G_N = \frac{a \times 0,0014007 \times 100}{m}$$

a Verbrauch an Salzsäure (0,1 N) in ml

m Einwaage in g

Der Gesamteiweißgehalt G_E in g/100 g der Probe wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$G_E = G_N \times 6,25$$

Chemikalien:

- 1 Tashiro-Indikator
Mischung von Methylrot, Äthanol, Methylenblau
und Wasser

Umrötung

Es werden 2 Extraktionen nebeneinander durchgeführt. Eine mit Wasser/Acetonmischung 1:9, und die andere mit Wasser/HCl/Acetonmischung 0,75:0,25:9. Zur Aufbereitung wird je 10 g fein homogenisiertes Material in eine braune Weithalsflasche gebracht und unter portionsweisem Zusatz von 50 ml Wasser Acetonmischung bzw. Wasser/HCl/Acetonmischung, mittels Ultra-Turrax ca. 60 sec. homogenisiert. Dann verschließt man die Flasche und stellt sie zur Ausfällung des Fettes für 60 min. in den Kühlschrank. Hierauf filtriert man bei Zimmertem-

peratur durch ein Faltenfilter wiederum in je eine braune Flasche und mißt anschließend mittels Piptometer bei 540 nm bei Wasser/Acetonmischung bei 640 nm bei Wasser/HCl/Acetonmischung.

Berechnung:

Die Umrötung (%) der Probe wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$\text{Umrötung} = \frac{\text{Extinktion bei 540} \times 40}{\text{Extinktion bei 640}} \%$$

pH-Wert Messung

Der pH-Wert wurde mit Hilfe eines pH-Meters im homogenisierten Fleisch gemessen.

Statistische Auswertung

Die Meßdaten wurden aus den Untersuchungen von jeweils 5 gleichen Versuchsansätzen ermittelt, die doppelt untersucht wurden. Die Meßdaten, der Mittelwert, der Meßdaten-Bereich und die Standardabweichung sind für die einzelnen Parameter in den folgenden Tabellen aufgelistet, wobei der Mittelwert und die Standardabweichung unmittelbar unterhalb der Meßdaten aufgeführt sind.

Der Mittelwert und die Standardabweichung wurden folgendermaßen ermittelt:

$$\text{Mittelwert} \quad \bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\text{Standardabweichung} \quad s = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - n(\bar{x})^2}{n-1}}$$

x_i = Einzelprobe

n = Probenzahl

3.2 ERGEBNISSE

3.2.1 UNTERSUCHUNGEN WÄHREND DER HERSTELLUNG

3.2.1.1 KOCHSALZ- UND PÖKELSTOFFGEHALTE NACH DER TROCKENPÖKELUNG

Die Gehalte an Kochsalz, Nitrit und Nitrat von 5 Schinken nach der Trockensalzung sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Tabelle 5:

Kochsalz-, Nitrit- und Nitratgehalte nach der Trockenpökellung

	NaCl %	NaNO ₂ ppm	KNO ₃ ppm	NO ₂ ⁻ /NO ₃ ⁻ berechnet als KNO ₃ ppm
	5,7	83,4	195,6	317,7
	5,0	70,4	123,2	226,3
	5,1	59,0	130,1	216,5
	4,8	57,3	128,6	212,5
	4,9	57,8	151,3	236,0
Mittelwerte	5,1	65,6	145,8	241,8
Bereich	5,7-4,8	83,4-57,3	195,6-123,2	317,7-212,5
Standardabweichung	± 0,4	± 11,3	± 29,8	± 43,4

3.2.1.2 KOCHSALZ- UND PÖKELSTOFFGEHALTE NACH DER NASSPÖKELUNG

Die Gehalte an Kochsalz, Nitrit und Nitrat nach der Naßpökelung sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

Tabelle 6:

Kochsalz-, Nitrit- und Nitratgehalte nach der Naßpökelung

	NaCl %	NaNO ₂ ppm	KNO ₃ ppm	NO ₂ ⁻ /NO ₃ ⁻ berechnet
				als KNO ₃ ppm
	5,4	5,9	72,2	80,9
	5,8	6,4	100,8	110,2
	6,0	10,0	126,6	141,2
	5,6	7,3	104,2	114,8
	4,9	3,2	86,6	91,2
Mittelwerte	5,5	6,6	98,1	107,7
Bereich	6,0-4,9	10,0-3,2	126,6-72,2	141,2-80,9
Standard- abweichung	± 0,4	± 2,5	± 20,4	± 23,3

3.2.1.3 KOCHSALZ- UND PÜKELSTOFFGEHALTE NACH DEM DURCHBRENNEN

Die Gehalte an Kochsalz, Nitrit und Nitrat nach dem Durchbrennen sind in Tabelle 7 zusammengestellt.

Tabelle 7:

Kochsalz-, Nitrit- und Nitratgehalte nach dem Durchbrennen

	NaCl ‰	NaNO ₂ ppm	KNO ₃ ppm	NO ₂ ⁻ /NO ₃ ⁻ berechnet als KNO ₃ ppm
	5,0	6,3	81,3	90,6
	5,9	14,6	44,4	65,8
	4,5	8,1	89,1	100,9
	4,7	8,7	74,4	87,2
	4,5	9,5	89,2	103,1
Mittelwerte	4,9	9,4	75,7	89,5
Bereich	5,9-4,5	14,6-6,3	89,2-44,4	103,1-65,8
Standard- abweichung	± 0,6	± 3,1	± 18,5	± 14,9

3.2.1.4 KOCHSALZ- UND PÖKELSTOFFGEHALTE NACH DEM RÄUCHERN

Die Gehalte an Kochsalz, Nitrit und Nitrat nach der Räucherung sind in Tabelle 8 zusammengestellt.

Tabelle 8:

Kochsalz-, Nitrit- und Nitratgehalte nach dem Räuchern

	$\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ berechnet		
	NaCl ‰	NaNO_2 ppm	KNO_3 ppm
			als KNO_3 ppm
	5,1	13,0	75,3
	4,6	10,3	59,3
	5,3	7,6	74,7
	5,1	9,0	56,0
	5,7	12,0	63,3
Mittelwerte	5,2	10,4	65,7
Bereich	5,7-4,6	13,0-7,6	75,3-56,0
Standard- abweichung	$\pm$ 0,4	$\pm$ 2,2	$\pm$ 8,9

3.2.1.5 KOCHSALZ- UND PÖKELSTOFFGEHALTE NACH DEM NACHREIFEN

Die Gehalte an Kochsalz, Nitrit und Nitrat nach dem Nachreifen im Klimaraum sind in Tabelle 9 zusammengestellt.

Tabelle 9:

Kochsalz-, Nitrit- und Nitratgehalte nach dem Nachreifen im Klimaraum

	NaCl ‰	NaNO ₂ ppm	KNO ₃ ppm	NO ₂ ⁻ /NO ₃ ⁻ berechnet als KNO ₃ ppm
	4,9	6,3	45,4	54,7
	6,0	6,0	(88,3) ⁺⁾	(97,1) ⁺⁾
	5,0	5,1	41,9	49,4
	5,1	4,9	45,6	52,7
	5,6	6,7	55,5	65,4
Mittelwerte	5,3	5,8	47,1	55,6
Bereich	6,0-4,9	6,7-4,9	55,5-41,9	65,4-49,4
Standard- abweichung	± 0,5	± 0,8	± 5,9	± 6,9

⁺⁾ Ausreißer, die bei der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt wurden.

3.2.1.6 GEWICHTE UND pH-WERTE NACH DEN EINZELNEN HERSTELLUNGSPHASEN

Die Veränderung der Gewichte und der pH-Wert-Verlauf der Schinken während der Herstellung sind in den Tabellen 10 und 11 aufgeführt.

Tabelle 10: Veränderung der Gewichte während der Herstellung in g sowie die entsprechenden Gewichtsverluste in %

Nr.	Vor dem Salzen	Nach der Trockenpökelung		Nach der Naßpökelung		Nach dem Durchbrennen		Nach der Räucherung		Nach der Klimareifung	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)
1	5560	5300	4,7	5240	5,8	5140	7,6	4840	13,0	4360	21,6
2	6000	5740	4,3	5700	5,0	5620	6,3	5220	13,0	4600	23,3
3	5150	4910	4,7	4840	6,0	4740	8,0	4440	13,8	3940	23,5
4	5220	4990	4,4	4980	4,6	4900	6,1	4520	13,4	3960	24,1
5	5540	5360	3,2	5260	5,1	5180	6,5	4840	12,6	4280	22,7
6	5640	5530	2,0	5460	3,2	5360	5,0	5040	10,6	4480	20,6
7	5550	5440	1,9	5340	3,8	5240	5,6	4960	10,6	4380	21,1
8	5110	5040	1,4	4980	2,5	4900	4,1	4640	9,2	4060	20,5
9	4780	4700	1,7	4620	3,3	4540	5,0	4220	11,7	3640	23,8
10	5200	5130	1,3	5080	2,3	4980	4,2	4520	13,1	4100	21,2
$\bar{x}$			3,0		4,2		5,8		12,1		22,2
s			$\pm 1,4$		$\pm 1,3$		$\pm 1,3$		$\pm 1,5$		$\pm 1,4$

untere Schicht

Mittlere Schicht

obere Schicht

Tabelle 11: pH-Wert-Verlauf (in der Nuß) während der Herstellung

	Nr.	Vor dem Salzen	Nach der Trockenpökelung	Nach der Naßpökelung	Nach dem Durchbrennen	Nach der Räucherung	Nach der Klimareifung
obere Schicht	1	5,7	5,7	5,6	5,8	5,8	5,7
	2	5,9	5,8	5,6	5,9	5,8	5,7
	3	5,8	5,7	5,6	5,7	5,7	5,7
	4	5,8	5,7	5,6	5,8	5,8	5,7
	5	5,7	5,7	5,7	5,8	5,7	5,7
	6	5,8	5,8	5,7	5,7	5,7	5,6
	7	5,8	5,8	5,6	5,8	5,9	5,8
	8	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
	9	5,7	5,7	5,6	5,7	5,8	5,7
	10	5,9	5,9	5,7	5,9	5,9	5,8
mittlere Schicht	$\bar{x}$	5,8	5,8	5,6	5,8	5,8	5,7
	s	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$
untere Schicht							

3.2.1.7 BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

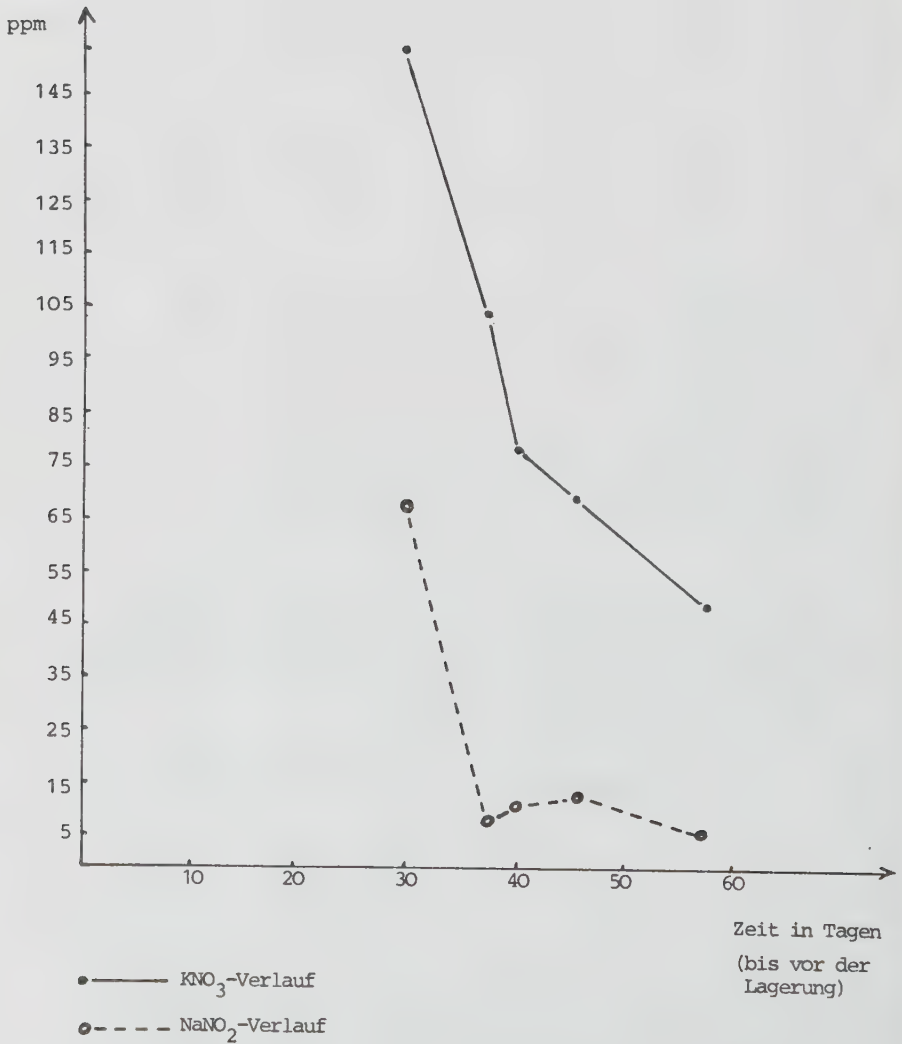
Der nach der Trockenpökellung gemessene Gehalt an Kochsalz betrug 5,1 % im Mittel (Tabelle 5). Der Kochsalzgehalt wies während der Naßpökellung einen Wert von 5,5 % auf, sank jedoch während des Durchbrennens wieder auf 4,9 %, dies könnte mit der zwischenzeitlichen Wässerung der Schinken begründet werden. Die Erhöhung des Kochsalzgehaltes während der Räucherung und der Klimatisierung verlief zwar konstant, jedoch nicht proportional zum Abtrochnungsverlust (Tabellen 6, 7, 8 und 9).

Die Schinken hatten nach der Trockensalzung einen Gesamtgehalt an $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$, als KNO_3 berechnet, von 241,8 ppm, der sich bis kurz vor der Lagerung auf 55,6 ppm reduziert hatte (Tabellen 5 und 9). In dieser Versuchsreihe ist also festgestellt worden, daß die Gesamt- $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ -Konzentration, unabhängig von der Höhe der Ausgangskonzentration, innerhalb der 58 Tage der Herstellung um etwa 77,0 % des Ausgangswertes abnahm.

Wie aus den Tabellen 5 und 6 ersichtlich wird, wurden die NaNO_2 -Gehalte während der Naßpökellung um 89,9 % reduziert. Anschließend blieb der Restgehalt an NaNO_2 bis zum Ende der Herstellung und später auch während der Lagerung praktisch unverändert.

Nennenswert war nur die KNO_3 -Abnahme (Abbildung 4).

Abbildung 4: KNO_3 - und NaNO_2 -Abnahme während der verschiedenen Herstellungsphasen



Die Tabellen 5, 6, 7, 8 und 9 zeigen, daß das Nitrat (KNO_3) zwischen den verschiedenen Herstellungsphasen unregelmäßig reduziert wurde. Den Schritt mit der höchsten Abnahme - bezogen auf die Zeit - stellte das Durchbrennen dar. In Tabelle 12 sind die Nitrat-Abnahmen in Prozent während der verschiedenen Herstellungsphasen zusammengestellt.

Tabelle 12:

Reduktion des KNO_3 (in %) während der Herstellungsphasen

Abnahme innerhalb der	8-tägigen Naßpökelung	32,7 %
Abnahme innerhalb des	2-tägigen Durchbrennens	22,8 %
Abnahme innerhalb der	6-tägigen Räucherung	13,2 %
Abnahme innerhalb der	12-tägigen Reifung im Klimaraum	28,3 %

Der pH-Wert des Fleisches fiel während der Naßpökelung um 0,2 Einheiten ab, nachdem es einen pH-Wert von 5,8 nach der Trockenpökelung aufgewiesen hatte. Anschließend stieg der pH-Wert infolge der beim Salpeterabbau freiwerdenden alkalischen Substanzen wieder sehr langsam an und wies nach Abschluß der Reifung in der Klimakammer einen in der Nuß gemessenen pH-Wert von 5,7 auf (Tab. 11).

Es ist bemerkenswert, daß sofort nach der Trockenpökelung der Mittelwert des Gewichtsverlustes nur 3,0 % und nach der Naßpökelung 4,2 % betrug, also sehr gering war. Nach der Naßpökelung wurde eine rasche Erhöhung der Gewichtsverluste festgestellt, die bei jeder folgenden Herstellungsphase (Durchbrennen, Räucherung, Klimaraumreifung) ca. verdoppelt wurde. Am Ende der Herstellungsdauer, nach etwa 8 Wochen, hat der Gewichtsverlust einen Wert von 22,2 % erreicht (Abbildung 5 und Tabelle 10).

Abbildung 5: Gewichtsverluste während der Herstellung

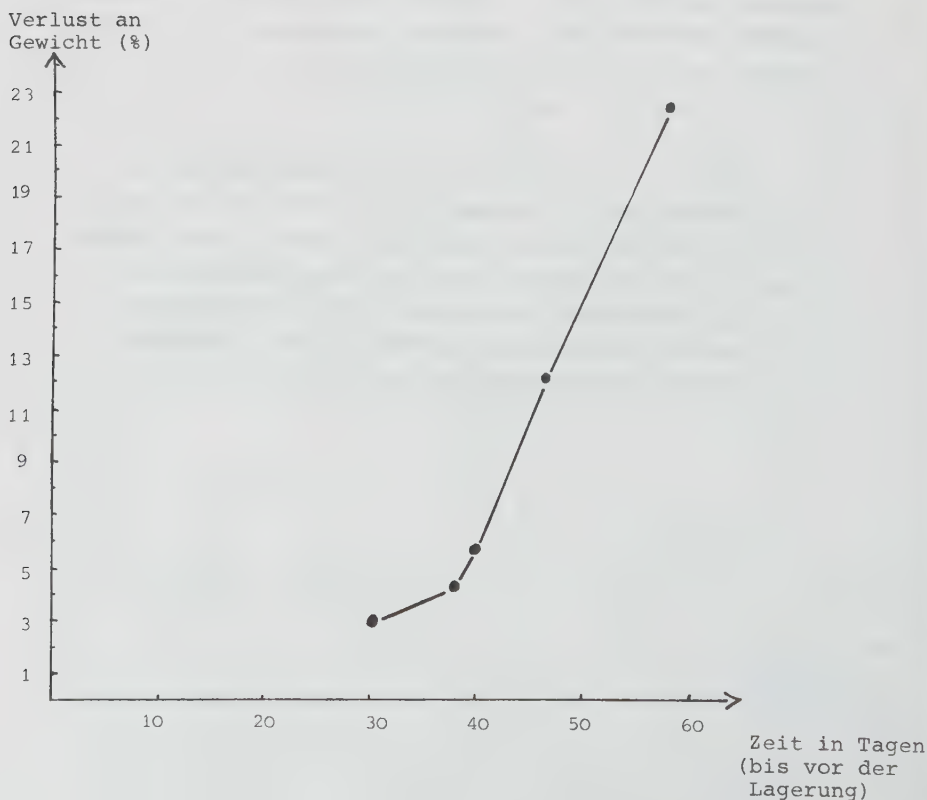


Tabelle 10 zeigt, daß die Schinken, die sich während der ersten Phasen der Herstellung, nämlich der Trocken- und Naßpökelung, längere Zeit auf dem Boden des Behälters befanden, mehr an Gewicht verloren hatten als die oberen Schichten. Während der folgenden Phasen wurde dieser Unterschied jedoch allmählich ausgeglichen (Tabelle 13).

Tabelle 13: Verhältnis zwischen den prozentualen Gewichtsverlusten der oberen (A) und der unteren (B) Schichten der Schinken im Pökelbehälter während der Herstellung.

Als A wurde der Mittelwert der Gewichtsverluste (in %) von 3 Schichten aus 3 x 18 Schinken bezeichnet, die sich 23 Tage im Boden des Behälters befanden.

Als B wurde der Mittelwert der Gewichtsverluste (in %) von 3 Schichten aus 3 x 18 Schinken bezeichnet, die 23 Tage die obere Fläche der gepökelten Charge bildeten.

Nach der Trockensalzung	$\frac{A}{B} = 3,1$
Nach der Naßpökelung	$\frac{A}{B} = 1,9$
Nach dem Durchbrennen	$\frac{A}{B} = 1,7$
Nach der Räucherung	$\frac{A}{B} = 1,2$
Nach der Reifung im Klimaraum	$\frac{A}{B} = 1,0$

Der Gewichtsverlust der Schinken war somit von der Beschaffenheit des Fleisches abhängig, da die Fleischstücke den gleichen Produktions-Bedingungen unterworfen waren, und nicht davon, in welcher Schicht sich die Schinken befanden.

Der Meßdaten-Bereich, der Mittelwert $\bar{x}$ und die Standardabweichung s sind für die während der Herstellung untersuchten einzelnen Parameter in der folgenden Tabelle 14 aufgelistet.

Tabelle 14:

Meßdaten-Bereich, Mittelwert $\bar{x}$ und Standardabweichung s von Parametern, die während der Herstellung bestimmt wurden.

	Nach der Trockenpökelung			Nach der Naßpökelung			Nach dem Durchbrennen			Nach dem Räuchern			Nach der Klimareifung		
	Dauer 30 Tage			Dauer 8 Tage			Dauer 2 Tage			Dauer 6 Tage			Dauer 12 Tage		
	Bereich	$\bar{x}$	$\pm s$	Bereich	$\bar{x}$	$\pm s$	Bereich	$\bar{x}$	$\pm s$	Bereich	$\bar{x}$	$\pm s$	Bereich	$\bar{x}$	$\pm s$
Gewichts- verluste %	1,3-4,7	3,0	1,4	2,3-6,0	4,2	1,3	4,1-8,0	5,8	1,3	9,2-13,8	12,1	1,5	20,5-24,1	22,2	1,4
pH-Wert	5,7-5,9	5,8	0,1	5,6-5,7	5,6	0,1	5,7-5,9	5,8	0,1	5,7-5,9	5,8	0,1	5,6-5,8	5,7	0,1
NaCl %	4,8-5,7	5,1	0,4	4,9-6,0	5,5	0,4	4,5-5,9	4,9	0,6	4,6-5,7	5,2	0,4	4,9-6,0	5,3	0,5
NaNO ₂ ppm	57,3-83,4	65,6	11,3	3,2-10,0	6,6	2,5	6,3-14,6	9,4	3,1	7,6-13,0	10,4	2,2	4,9-6,7	5,8	0,8
KNO ₃ ppm	123,2-195,6	145,8	29,8	72,2-126,6	98,1	20,4	44,4-89,2	75,7	18,5	56,0-75,3	65,7	8,9	41,9-55,5	47,1	5,9
Gehalt an NO ₂ /NO ₃ als KNO ₃ ppm	212,5-317,7	241,8	43,4	80,9-141,2	107,7	23,3	65,8-103,1	89,5	14,9	69,2-94,4	80,9	9,8	49,4-65,4	55,6	6,9

3.2.2

UNTERSUCHUNGEN VOR UND NACH 2-, 4- UND 9WÖCHTIGER LAGERUNG (AUF GEWICHT, KOCHSALZ, NITRIT, NITRAT, UMRÜTUNG, WASSER, FEIT, ROHPROTEIN, pH-WERT)

3.2.2.1

STATUS NACH DEM NACHREIFEN (VOR EINLEITUNG DER LAGERVERSUCHE)

Tabelle 15:

Bestimmung von Parametern der Schinken vor Einleitung der Lagerversuche

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-NaNO ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ /NO ₃ als KNO ₃ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett %
1	5,8	4,9	6,3	45,4	54,7	42,1	56,2	21,8	2,6	17,6
2	5,9	6,0	6,0	(88,3) ⁺	(97,1) ⁺	38,9	57,5	25,3	2,3	17,9
3	5,8	5,0	5,1	41,9	49,4	32,3	57,1	21,4	2,7	12,5
4	5,8	5,1	4,9	45,6	52,7	33,8	54,7	22,3	2,5	18,3
5	5,8	5,6	6,7	55,5	65,4	31,1	55,1	23,2	2,4	18,0
Mittelwerte	5,8	5,3	5,8	47,1	55,6	35,6	56,1	22,8	2,5	16,9
Bereich	5,9-5,8	6,0-4,9	6,7-4,9	55,5-41,9	65,4-49,4	42,1-31,1	57,5-54,7	25,3-21,4	2,7-2,4	18,3-12,5
Standard- abweichung	+ 0,04	+ 0,5	+ 0,8	+ 5,9	+ 6,9	+ 4,7	+ 1,2	+ 1,6	+ 0,2	+ 2,5

W:E-Q Wasser:Eiweiß-Quotient

⁺) Ausreißer, die bei der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt wurden

3.2.2.2.2 UNTERSUCHUNG VON SCHEIBEN AUS VAKUUMVERPACKTER UND UNVERPACKTER WARE NACH
2-, 4- UND 9WÖCHIGER LAGERUNG EINSCHLIESSLICH EINER SENSORISCHEN BEURTEILUNG

Tabelle 16: Bestimmung von Parametern der Scheibe von vakuumverpackt gelagerten Schinken nach
 2wöchiger Lagerung.

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-NaNO ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ /NO ₃ als KNO ₃ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett %
1	5,7	5,7	5,8	24,8	33,3	31,6	57,0	20,6	2,8	12,9
2	5,7	5,9	4,8	40,1	47,2	48,8	55,7	23,0	2,4	15,9
3	5,5	5,4	11,6	39,1	56,1	50,8	56,8	24,0	2,4	13,1
4	5,5	5,8	11,2	30,3	46,8	54,2	55,1	25,1	2,2	10,3
5	5,4	5,0	6,5	39,6	49,1	57,8	55,3	25,1	2,2	19,3
Mittelwerte	5,6	5,6	8,0	34,8	46,5	48,6	56,0	23,6	2,4	14,3
Bereich	5,7-5,4	5,9-5,0	11,6-4,8	40,1-24,8	56,1-33,3	57,8-31,6	57,0-55,1	25,1-20,6	2,8-2,2	19,3-10,3
Standard- abweichung	+ 0,1	+ 0,4	+ 3,2	+ 6,9	+ 8,3	+ 10,1	+ 0,9	+ 1,9	+ 0,2	+ 3,4

W:E-Q Wasser:Eiweiß-Quotient

Tabelle 17: Bestimmung von Parametern der Scheibe von vakuumverpackt gelagerten Schinken nach 4wöchiger Lagerung.

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-NaNO ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ /NO ₃ als KNO ₃ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett %
1	5,6	5,6	10,8	17,7	33,6	62,6	53,9	23,3	2,3	15,8
2	6,1	5,5	7,9	22,7	34,3	58,2	51,3	22,3	2,3	20,6
3	5,6	5,6	10,2	18,6	33,5	64,7	52,6	23,7	2,2	18,3
4	5,8	5,6	7,0	26,1	36,4	64,6	57,5	24,6	2,3	11,6
5	5,6	5,8	11,9	18,6	36,0	66,1	55,6	25,2	2,2	12,7
Mittelwerte	5,7	5,6	9,6	20,7	34,8	63,2	54,2	23,8	2,3	15,8
Bereich	6,1-5,6	5,8-5,5	11,9-7,0	26,1-17,7	36,4-33,5	66,1-58,2	57,5-51,3	25,2-22,3	2,3-2,2	20,6-11,6
Standard- abweichung	± 0,2	± 0,1	± 2,0	± 3,6	± 1,4	± 3,1	± 2,4	± 1,1	± 0,1	± 3,8

W:E-Q Wasser: Eiweiß-Quotient

Tabelle 18: Bestimmung von Parametern der Scheibe von vakuumverpackt gelagerten Schinken nach 9wöchiger Lagerung.

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-NaNO ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ /NO ₃ als KNO ₃ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett %
1	5,6	6,8	7,8	19,0	30,5	72,7	57,5	26,9	2,1	6,5
2	5,5	6,0	9,4	11,4	25,2	68,0	50,3	22,8	2,2	18,5
3	5,6	5,4	7,7	13,8	25,1	62,4	49,4	23,5	2,1	20,6
4	5,6	5,0	8,6	21,5	34,1	69,7	56,7	24,3	2,3	17,7
5	5,7	6,2	6,6	10,8	20,5	70,6	54,6	23,6	2,3	14,4
Mittelwerte	5,6	5,9	8,0	15,3	27,1	68,7	53,7	24,2	2,2	15,5
Bereich	5,7-5,5	6,8-5,0	9,4-6,6	21,5-10,8	34,1-20,5	72,7-62,4	57,5-49,4	26,9-22,8	2,3-2,1	20,6-6,5
Standard- abweichung	± 0,1	± 0,7	± 1,0	± 4,7	± 5,3	± 3,9	± 3,7	± 1,6	± 0,1	± 5,5

W:E-Q Wasser: Eiweiß-Quotient

Tabelle 19: Bestimmung von Parametern der Scheibe von unverpackt gelagerten Schinken nach
2wöchiger Lagerung.

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-NaNO ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ ⁻ /NO ₃ ⁻ als KNO ₃ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett %
1	5,6	5,9	5,8	38,2	46,7	40,4	54,3	23,9	2,3	11,7
2	5,7	6,1	6,5	32,7	42,2	38,0	56,6	24,1	2,3	12,3
3	5,7	5,9	7,4	44,7	55,5	38,1	56,5	23,9	2,4	13,5
4	5,5	6,5	5,7	54,1	62,4	43,9	54,9	27,1	2,0	9,9
5	5,8	6,3	5,7	54,5	62,8	48,9	55,0	25,0	2,2	13,0
Mittelwerte	5,7	6,1	6,2	44,8	53,9	41,9	55,5	24,8	2,2	12,1
Bereich	5,8-5,5	6,5-5,9	7,4-5,7	54,5-32,7	62,8-42,2	48,9-38,0	56,6-54,3	27,1-23,9	2,4-2,0	13,5-9,9
Standard- abweichung	+ 0,1	+ 0,3	+ 0,7	+ 9,6	+ 9,3	+ 4,6	+ 1,0	+ 1,4	+ 0,2	+ 1,4

W:E-Q Wasser:Eiweiß-Quotient

Tabelle 20:

Bestimmung von Parametern der Scheibe von unverpackt gelagerten Schinken nach 4wöchiger Lagerung.

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-NaNO ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ /NO ₃ als KNO ₃ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett %
1	5,9	6,2	6,0	45,7	54,5	68,7	53,5	25,7	2,1	12,0
2	6,0	6,9	5,5	33,5	41,6	63,0	54,5	25,7	2,1	11,5
3	5,7	7,0	6,7	50,7	60,5	63,1	51,7	26,9	1,9	12,6
4	5,6	6,6	12,5	50,7	69,0	58,9	48,9	25,5	1,9	17,6
5	5,9	5,4	5,1	24,9	32,4	59,0	49,4	24,1	2,0	20,5
Mittelwerte	5,8	6,4	7,2	41,1	51,6	62,5	51,6	25,6	2,0	14,8
Bereich	6,0-5,6	7,0-5,4	12,5-5,1	50,7-24,9	69,0-32,4	68,7-58,9	54,5-48,9	26,9-24,1	2,1-1,9	20,5-11,5
Standard- abweichung	+ 0,2	+ 0,6	+ 3,0	+ 11,5	+ 14,7	+ 4,0	+ 2,5	+ 1,0	+ 0,1	+ 4,0

W:E-Q Wasser:Eiweiß-Quotient

Tabelle 21: Bestimmung von Parametern der Scheibe von unverpackt gelagerten Schinken nach 9wöchiger Lagerung.

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-NaNO ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ ⁻ /NO ₃ ⁻ als KNO ₃ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett %
1	5,6	6,8	4,7	33,8	40,7	66,0	47,1	25,9	1,8	18,3
2	5,8	7,9	6,1	18,6	27,6	71,3	46,7	31,6	1,5	13,3
3	5,6	6,9	4,3	17,4	23,8	60,5	48,9	27,4	1,8	16,2
4	5,8	7,7	7,0	24,2	34,5	67,3	48,2	30,4	1,6	13,0
5	5,7	7,4	5,2	26,1	33,7	70,4	44,4	28,4	1,6	14,0
Mittelwerte	5,7	7,3	5,5	24,0	32,1	67,1	47,1	28,7	1,7	15,0
Bereich	5,8-5,6	7,9-6,8	7,0-4,3	33,8-17,4	40,7-23,8	71,3-60,5	48,9-44,4	31,6-25,9	1,8-1,5	18,3-13,0
Standard- abweichung	± 0,1	± 0,5	± 1,1	± 6,6	± 6,5	± 4,3	± 1,7	± 2,3	± 0,1	± 2,2

W:E-Q Wasser: Eiweiß-Quotient

Tabelle 22:

Veränderungen der Gewichte in g von 10 unverpackt gelagerten Schinken während der Lagerung sowie die entsprechenden Gewichtsverluste in Prozent.

Nr.	Vor der Lagerung		Nach 2wöch. Lagerung		Nach 4wöch. Lagerung		Nach 9wöch. Lagerung	
	g	%	g	%	g	%	g	%
1	3740		3600	(3,7)	3440	(8,0)	3020	(19,3)
2	4120		3990	(3,2)	3820	(7,3)	3340	(18,9)
3	4720		4540	(3,8)	4360	(7,6)	3800	(19,5)
4	3580		3440	(3,9)	3300	(7,8)	2860	(20,1)
5	3280		3140	(4,3)	3000	(8,5)	2560	(22,0)
6	4160		4000	(3,8)	3860	(7,2)	3360	(19,2)
7	3200		3100	(3,1)	3000	(6,3)	2640	(17,5)
8	3920		3800	(3,1)	3660	(6,6)	3220	(17,9)
9	3900		3780	(3,1)	3640	(6,7)	3220	(17,4)
10	3260		3120	(4,3)	2980	(8,6)	2520	(22,7)
$\bar{x}$			3,6		7,5		19,5	
s			±		±		±	
			0,5		0,8		1,8	

Sensorische Beurteilung von vakuumverpackten und unverpackten rohen Spaltenschinken während der 9wöchigen Lagerung.

Die organoleptische Überprüfung der unverpackt und vakuumverpackt gelagerten Schinken erfolgte durch drei Personen sofort nach der Entnahme der Proben.

Nach 2wöchiger Lagerung machten die Schinken im allgemeinen einen noch "unreifen" Eindruck. Die Anschnittflächen waren insbesondere im Kernbereich von einer Graufleckigkeit gekennzeichnet, die jedoch während der Lagerung zurückging. Nach 9wöchiger Lagerung zeigten alle Schinken eine kräftig rote Pökelfarbe. Die Randzone zur Fleischseite ging in einen schwärzlich-roten Ton über, während die Randzonen zur Speckseite eine hellrote Farbe zeigte. Der Kernbereich war im allgemeinen tiefrot. Farbunterschiede zwischen vakuumverpackten und unverpackten Schinken konnten nicht festgestellt werden.

Der Speck der Schinken war während der gesamten Lagerzeit von gleichmäßig weißer Farbe. Die Speckdicke bewegte sich im allgemeinen zwischen 0,5 und 1,0 cm.

Die vakuumverpackten Schinken wiesen eine fest-elastische Konsistenz auf, die sich während der ganzen Lagerzeit nicht wesentlich änderte. Im Gegensatz dazu wurde bei den unverpackten Schinken bereits nach 2 Wochen eine gewisse Verhärtung der Randzonen festgestellt, die an der Schwarte am deutlichsten zu bemerken war. Diese Verfestigung der Konsistenz setzte sich über die ganze Lagerdauer hin fort.

Die verschiedenen Aromakomponenten (Rauch, Gewürze und Pökelgeschmack) entwickelten sich während der Lagerung bei vakuumverpackten und unverpackten Schinken sehr unterschiedlich. So war bei den unverpackt gelagerten Schinken eine deutliche Verstärkung der Rauchkomponente im Verlauf der Lagerung festzustellen, während sich diese bei den vakuumverpackt gelagerten abschwächte. Die Intensität der Gewürzkomponente nahm bei beiden Chargen im Verlauf der Lagerung leicht ab, jedoch war zu jedem Untersuchungszeitpunkt bei den vakuumverpackt gelagerten Schinken eine deutlich stärkere Wacholder-, Knoblauch- und Pfeffer-Note zu verzeichnen als bei den unverpackt gelagerten. Die Ausbildung des Pökelaromas erfolgte bei allen Schinken erst während der Lagerung. Während sie nach 2wöchiger Lagerung noch eine ausgeprägte "Rohfleischkomponente" besaßen, wiesen sie nach 9wöchiger Lagerung im allgemeinen ein gut ausgebildetes Pökelaroma auf. Das Gesamtaroma wurde von allen 3 Prüfern nach 9wöchiger Lagerung bei den vakuumverpackten Schinken im Vergleich zu den unverpackten als abgerundeter und aromatischer bezeichnet. Der Salzgeschmack wurde bei den vakuumverpackt gelagerten Schinken zu jedem Untersuchungszeitpunkt als mild beurteilt, während er sich bei den unverpackt gelagerten im Verlauf der Lagerung verstärkt hatte. Diese Produkte wurden nach 9wöchiger Lagerung von zwei Prüfern sogar als zu salzig befunden.

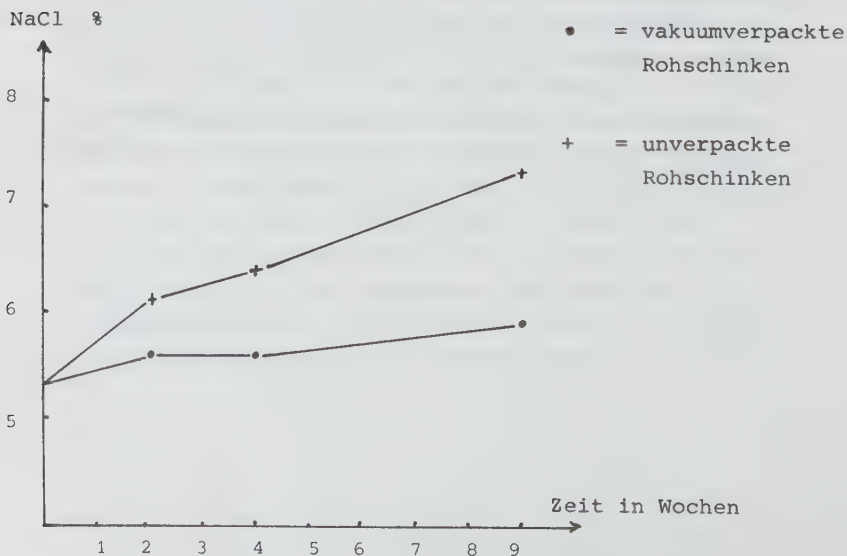
3.2.2.3 BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Der Kochsalzgehalt wies während der ersten 2 Lagerungswochen bei den vakuumverpackt gelagerten Schinken eine leichte Erhöhung von 5,3 % vor der Lagerung auf 5,6 % und erreichte am Ende der 9. Lagerungswoche einen Wert von 5,9 % (Tabellen 15, 16, 17, 18).

Im Vergleich dazu zeigte die Entwicklung des Kochsalzgehaltes der unverpackt gelagerten Charge eine stärkere Erhöhung. So erreichte er nach 2 Wochen einen Wert von 6,1 %, nach 4 Wochen von 6,4 %, und schließlich wiesen die Schinken nach 9wöchiger Lagerung einen Salzgehalt von 7,3 % auf (Tabellen 19, 20, 21).

Die Abbildung 6 zeigt graphisch, wie sich der Kochsalzgehalt in der Probe der vakuumverpackt und der unverpackt gelagerten Schinken entwickelte.

Abbildung 6: Entwicklung des Kochsalzgehaltes in der Probe



Hinsichtlich der Restgehalte an Pökelstoffen blieb das NaNO_2 der beiden Chargen praktisch unverändert (Tabellen 16, 17, 18, 19, 20, 21).

Die Abnahme des KNO_3 war während der verschiedenen Lagerungsperioden unterschiedlich. Bei den vakuumverpackt gelagerten Schinken wurde der Gehalt an KNO_3 von 47,1 ppm vor der Lagerung (Tabelle 15) bis auf 15,3 ppm nach der 9. Lagerungswoche erniedrigt, was einer Abnahme um 67,5 % entspricht (Tabelle 18).

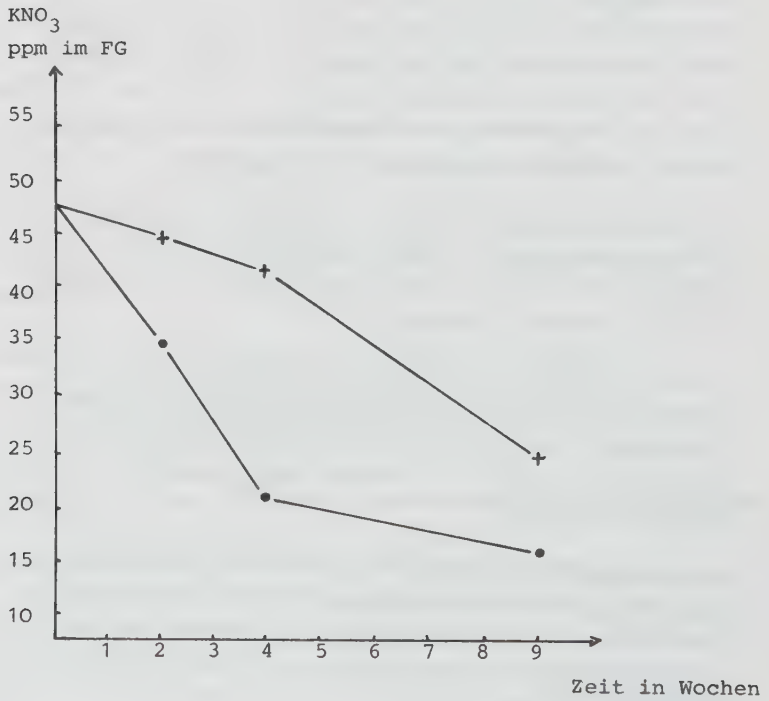
Bei den unverpackt gelagerten Schinken betrug die Nitratabnahme nach 9 Lagerungswochen 49,0 %; der KNO_3 -Gehalt nahm von 47,1 ppm vor dem Beginn der Lagerung auf 24,0 ppm ab (Tabellen 15, 21).

Obwohl die Abnahme unregelmäßig verlief, waren die Restgehalte an KNO_3 und an Gesamt- $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ (als KNO_3 berechnet) nach 2-, 4- und 9wöchiger Lagerung bei den unverpackt gelagerten Schinken immer höher als bei den vakuumverpackten.

Die Gesamt- $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ -Konzentration nahm, unabhängig von der Höhe der Ausgangskonzentration, innerhalb der 16wöchigen Produktion bei den vakuumverpackten um ca. 88,8 % und bei den unverpackt gelagerten Schinken um ca. 86,7 % ab.

Die Entwicklung der KNO_3 -Gehalte während der 9wöchigen Lagerung ist in der folgenden Abbildung 7 graphisch dargestellt.

Abbildung 7: Die KNO_3 -Abnahme von vakuumverpackt und unverpackt gelagerten Schinken im Frischgewicht (FG)



• = vakuumverpackt gelagerte Schinken

+ = unverpackt gelagerte Schinken

Die Entwicklung der Restgehalte an Gesamt- $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ (als KNO_3 berechnet) zeigte in fettfreier Trockensubstanz den gleichen Verlauf wie im Frischgewicht (Tabelle 23).

Tabelle 23:

Rest- $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ -Gehalte in fettfreier Trockensubstanz von vakuumverpackt und unverpackt gelagerten Schinken (ppm)

Vor der Lagerung	Nach 2wöch.-		Nach 4wöch.-		Nach 9wöch.-Lag.	
	<u>verp.</u>	<u>unverp.</u>	<u>verp.</u>	<u>unverp.</u>	<u>verp.</u>	<u>unverp.</u>
208,8	110,6	137,4	110,9	158,0	84,9	117,6
(394,7) ⁺⁾	166,2	135,7	122,1	122,4	80,8	74,6
162,5	186,4	185,0	115,1	169,5	83,7	68,2
195,2	135,3	177,8	117,8	206,0	133,2	88,9
<u>243,1</u>	<u>193,3</u>	<u>196,3</u>	<u>113,6</u>	<u>107,6</u>	<u>66,1</u>	<u>81,0</u>
$\bar{x} = 202,4$	158,4	166,3	115,9	152,7	89,7	86,1

Bezogen auf fettfreie Trockensubstanz zeigten bei den unverpackten Schinken sich höhere Restgehalte an $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ als bei den vakuumverpackt gelagerten Stücken. Sie wiesen Gehalte auf, die von 202,4 ppm im Mittel vor dem Beginn der Lagerung auf 89,7 ppm (Abnahme 55,7 %) bei den vakuumverpackt und auf 86,1 ppm (Abnahme 57,5 %) bei den unverpackt gelagerten Schinken erniedrigt wurden. Im Vergleich dazu sanken die Werte im Frischgewicht der Schinken von 55,6 ppm vor der Lagerung auf 27,1 ppm (Abnahme 51,3 %) (vakuumverpackt) und auf 32,1 ppm (Abnahme 42,3 %) (unverpackt) nach 9wöchiger Lagerung (Tabellen 15, 18, 21).

⁺⁾ Ausreißer, der bei der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt wurde.

Der pH-Wert fiel bei den vakuumverpackten Schinken während der ersten 2 Wochen der Lagerung von 5,8 auf 5,6 (Tabellen 15, 16). Während der weiteren Lagerung blieb er praktisch konstant (Tabellen 17, 18).

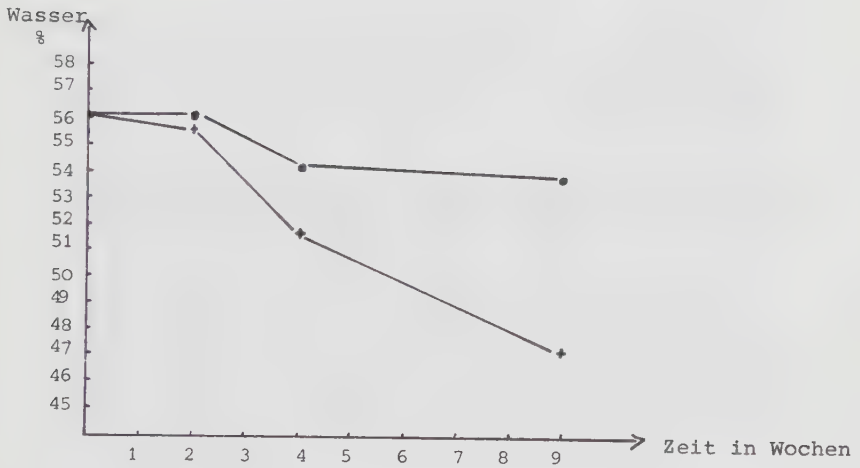
Bei den unverpackt gelagerten Schinken konnte keine deutliche pH-Wert-Änderung während der Lagerung beobachtet werden (Tabellen 15, 19, 20, 21).

Beim überwiegenden Teil der Schinken hatte sich nach der 4. Lagerungswoche eine befriedigende Umrötung, nämlich über 60 %, gebildet (Tabellen 17, 20). Nach 9wöchiger Lagerung wiesen alle Schinken eine Umrötung auf, die sich zwischen 60,5 % und 72,7 % bewegte (Tabellen 18, 21).

Während sich die Wassergehalte der vakuumverpackt gelagerten Schinken nach 2wöchiger Lagerung mit einem Mittelwert von 56 % im Vergleich zum Ausgangswert von 56,1 % nicht erniedrigt hatten, sanken sie nach 4 Wochen auf 54,2 % und schließlich nach 9 Wochen auf 53,7 % (Tabellen 15, 16, 17, 18). Im Gegensatz dazu wiesen die unverpackt gelagerten Schinken eine konstante Erniedrigung auf. Sie fielen, ausgehend von einem Ausgangswassergehalt von 56,1 %, nach 2-, 4- und 9wöchiger Lagerung auf Werte von 55,5 %, 51,6 % und 47,1 % ab (Tabellen 15, 19, 20, 21).

Abbildung 8 stellt den Verlauf der Wassergehalte der untersuchten Schinken während der verschiedenen Lagerungsstufen dar.

Abbildung 8: Entwicklung der Wassergehalte von vakuum-
verpackt und unverpackt gelagerten Schinken
während der Lagerung



- = vakuumverpackt gelagerte Schinken
- + = unverpackt gelagerte Schinken

Die in fettfreier Substanz berechneten Wassergehalte zeigten (Tabelle 24) den gleichen Verlauf wie im Frischgewicht.

Tabelle 24:

Wassergehalte der vakuumverpackt und unverpackt gelagerten Schinken in fettfreier Substanz

Vor der Lagerung	Nach 2wöch.-		Nach 4wöch.-		Nach 9wöch.-Lag.	
	<u>verp.</u>	<u>unverp.</u>	<u>verp.</u>	<u>unverp.</u>	<u>verp.</u>	<u>unverp.</u>
68,2	65,4	61,5	64,0	60,8	61,5	57,6
70,0	66,2	64,5	64,6	61,6	61,7	53,9
65,2	65,4	65,3	64,4	59,2	62,2	58,4
67,0	61,4	60,9	65,1	59,3	68,9	55,4
<u>67,2</u>	<u>68,5</u>	<u>63,2</u>	<u>63,7</u>	<u>62,2</u>	<u>63,7</u>	<u>51,6</u>
$\bar{x} = 67,5$	65,4	63,1	64,3	60,6	63,6	55,4

Die geringe Erniedrigung der Wassergehalte trotz Vakuumverpackung kann auf einen gewissen Saftaustritt nach dem Verpackungsvorgang zurückgeführt werden. Diese ausgetretene Flüssigkeit sammelt sich zum einen in Verpackungsfalten und wird andererseits zu einem gewissen Teil von der Schwarte aufgenommen, die, wie bereits ausgeführt, zur Analyse abgetrennt wurde.

Die Rohproteingehalte der vakuumverpackt gelagerten Schinken wiesen im Verlauf der Lagerung Unterschiede auf, die im Bereich der Standardabweichung lagen, wobei eine leichte Tendenz zur Erhöhung zu beobachten war (Tabellen 16, 17, 18). Bei den unverpackt gelagerten

Schinken konnte eine deutliche Erhöhung der Rohprotein-
gehalte im Verlauf der Lagerung festgestellt werden.
Sie stiegen von einem Ausgangsmittelwert von 22,8 % auf
24,8 % nach 2-, 25,6 % nach 4- und 28,7 % nach 9wöchiger
Lagerung an (Tabellen 15, 19, 20, 21).

Der Wasser:Eiweiß-Quotient der vakuumverpackten Schin-
ken ließ während der Lagerung eine leichte Tendenz zu
Erniedrigung erkennen (Tabellen 16, 17, 18), bei den
unverpackt gelagerten Schinken war die Erniedrigung
deutlicher. Hier fiel er von 2,5 vor Beginn der Lage-
rung auf Werte von 2,2, 2,0 und 1,7 nach 2, 4 und
9 Wochen an (Tabellen 15, 19, 20, 21).

Während die Gewichte der vakuumverpackten Schinken
innerhalb der 9 Wochen der Lagerung nahezu konstant
blieben, ergaben die Schinken der unverpackt gelagerten
Charge Gewichtsverluste, die in der Tabelle 22 in %
angegeben sind. Diese Gewichtsverluste beziehen sich
auf den Ausgangswert vor Beginn der Lagerung.

3.2.2.4

UNTERSUCHUNG VON KERN- UND RANDZONEN VAKUUMVERPACKTER UND UNVERPACKTER
WARE NACH 2-, 4- UND 9WÖCHIGER LAGERUNG

Tabelle 25: Bestimmung von Parametern im Kern von vakuumverpackt gelagerten Schinken
nach 2wöchiger Lagerung

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-NaNO ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ /NO ₃ als KNO ₃ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett %
1	5,9	6,6	5,1	34,7	42,2	20,2	65,4	24,8	2,6	1,2
2	6,0	7,1	5,5	52,6	60,6	18,8	65,1	24,9	2,6	1,2
3	5,9	6,2	7,8	61,5	72,9	38,0	65,3	24,6	2,7	1,6
4	5,7	5,9	8,7	42,5	55,3	41,7	64,4	25,1	2,6	1,1
5	5,7	6,9	7,0	48,1	58,3	32,2	65,2	24,9	2,6	0,7
Mittelwert	5,8	6,5	6,8	47,9	57,9	30,2	65,1	24,9	2,6	1,2
Bereich	6,0-5,7	7,1-5,9	8,7-5,1	61,5-34,7	72,9-42,2	41,7-18,8	65,4-64,4	25,1-24,6	2,7-2,6	1,6-0,7
Standard- abweichung	+ 0,1	+ 0,5	+ 1,5	+ 10,1	+ 11,0	+ 10,3	+ 0,4	+ 0,2	+ 0,0	+ 0,3

W:E-Q = Wasser:EIweiß-Quotient

Tabelle 26:

Bestimmung von Parametern im Kern von vakuumverpackt gelagerten Schinken nach 4wöchiger Lagerung

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-NaNO ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ ⁻ /NO ₃ ⁻ als KNO ₂ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett %
1	5,6	6,8	9,3	21,8	35,5	62,2	64,7	24,0	2,7	0,8
2	5,9	7,2	8,8	25,3	38,3	50,2	63,6	25,7	2,5	0,5
3	5,6	6,9	7,5	21,2	32,2	60,0	64,2	26,2	2,5	0,8
4	5,8	6,5	6,5	18,3	27,9	54,2	65,4	24,7	2,6	0,8
5	5,5	6,8	8,6	27,1	39,7	60,8	63,8	25,2	2,5	1,2
Mittelwerte	5,7	6,8	8,1	22,7	34,7	57,5	64,3	25,2	2,6	0,8
Bereich	5,9-5,5	7,2-6,5	9,3-6,5	27,1-18,3	39,7-27,9	62,2-50,2	65,4-63,6	26,2-24,0	2,7-2,5	1,2-0,5
Standard- abweichung	+ 0,2	+ 0,3	+ 1,1	+ 3,5	+ 4,8	+ 5,1	+ 0,7	+ 0,9	+ 0,1	+ 0,2

W:E-Q Wasser:Eiweiß-Quotient

Tabelle 27: Bestimmung von Parametern im Kern von vakuumverpackt gelagerten Schinken nach 9wöchiger Lagerung

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-NaNO ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ /NO ₃ als KNO ₃ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett %
1	5,6	7,4	6,5	16,8	26,3	81,2	63,3	26,3	2,4	0,8
2	5,5	7,3	7,5	13,8	24,7	68,9	63,6	25,8	2,5	0,9
3	5,6	6,5	9,1	10,4	23,7	58,3	62,5	26,2	2,4	2,5
4	5,6	7,9	7,7	29,7	41,0	64,8	60,4	27,1	2,2	1,0
5	5,6	7,4	7,5	14,1	25,0	69,8	62,7	26,1	2,4	0,9
Mittelwerte	5,6	7,3	7,7	17,0	28,1	68,6	62,5	26,3	2,4	1,2
Bereich	5,6-5,5	7,9-6,5	9,1-6,5	29,7-10,4	41,0-23,7	81,2-58,3	63,6-60,4	27,1-25,8	2,5-2,2	2,5-0,8
Standard- abweichung	+ 0,04	+ 0,5	+ 0,9	+ 7,5	+ 7,2	+ 8,4	+ 1,3	+ 0,5	+ 0,1	+ 0,7

W:E-Q . Wasser: Eiweiß-Quotient

Tabelle 28:

Bestimmung von Parametern der Randzone (mit Speckanteil) von vakuumverpackt gelagerten Schinken
nach 2wöchiger Lagerung

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-NaNO ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ /NO ₃ als KNO ₃ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett %
1	5,7	5,2	4,3	21,2	27,6	40,0	44,2	22,5	2,0	23,1
2	5,8	4,7	6,5	31,5	41,0	45,8	45,6	24,2	1,9	25,9
3	5,7	5,6	5,5	44,7	52,7	31,1	47,4	25,5	1,9	17,9
4	5,5	5,0	10,3	24,5	39,5	41,9	47,4	25,1	1,9	22,2
5	5,6	5,1	5,8	35,5	44,0	28,6	47,0	27,4	1,7	25,6
Mittelwerte	5,7	5,1	6,5	31,5	41,0	37,5	46,3	24,9	1,9	22,9
Bereich	5,8-5,5	5,6-4,7	10,3-4,3	44,7-21,2	52,7-27,6	45,8-28,6	47,4-44,2	27,4-22,5	2,0-1,7	25,9-17,9
Standard- abweichung	+ 0,1	+ 0,3	+ 2,3	+ 9,3	+ 9,1	+ 7,3	+ 1,4	+ 1,8	+ 0,1	+ 3,2

W:E-Q Wasser:Eiweiß-Quotient

Tabelle 29:

Bestimmung von Parametern der Randzone (mit Speckanteil) von vakuumverpackt gelagerten Schinken
nach 4wöchiger Lagerung

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-NaNO ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ /NO ₃ als KNO ₃ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett %
1	5,9	5,0	8,4	25,9	38,2	76,0	48,7	24,3	2,0	21,8
2	6,1	4,9	6,8	20,7	30,6	64,3	49,3	24,0	2,1	21,4
3	5,7	4,6	10,3	26,4	41,5	60,9	44,3	26,5	1,7	27,9
4	5,8	4,8	6,5	17,2	26,7	65,9	50,4	22,8	2,2	21,0
5	5,7	4,8	11,2	19,6	36,1	58,0	50,6	24,6	2,1	20,8
Mittelwerte	5,8	4,8	8,6	22,0	34,6	65,0	48,7	24,4	2,0	22,6
Bereich	6,1-5,7	5,0-4,6	11,2-6,5	26,4-17,2	41,5-26,7	86,0-48,0	50,6-44,3	26,5-22,8	2,2-1,7	27,9-20,8
Standard- abweichung	+ 0,2	+ 0,1	+ 2,1	+ 4,0	+ 5,9	+ 6,9	+ 2,6	+ 1,3	+ 0,2	+ 3,0

W:E-Q Wasser:Eiweiß-Quotient

Tabelle 30: Bestimmung von Parametern der Randzone (mit Speckanteil) von vakuumverpackt gelagerten Schinken nach 9wöchiger Lagerung

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-Nano ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ /NO ₃ als KNO ₃ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett %
1	5,7	5,7	8,4	14,9	27,3	75,1	54,6	28,0	2,0	10,6
2	5,7	5,3	8,6	14,8	27,4	70,5	47,0	24,6	1,9	21,1
3	5,7	4,9	8,3	12,2	24,3	63,4	47,0	22,9	2,1	24,1
4	5,8	5,0	9,1	30,5	43,8	78,5	46,5	24,2	1,9	21,9
5	5,8	5,0	8,6	11,9	24,4	70,9	50,3	24,4	2,1	19,8
Mittelwerte	5,7	5,2	8,6	16,9	29,4	71,7	49,1	24,8	2,0	19,5
Bereich	5,8-5,7	5,7-4,9	9,1-8,3	30,5-11,9	43,8-24,3	78,5-63,4	54,6-46,5	28,0-22,9	2,1-1,9	24,1-10,6
Standard- abweichung	± 0,1	± 0,3	± 0,3	± 7,8	± 8,2	± 5,7	± 3,4	± 1,9	± 0,1	± 5,2

W:E-Q Wasser:Eiweiß-Quotient

Tabelle 31: Bestimmung von Parametern im Kern von unverpackt gelagerten Schinken nach 2wöchiger Lagerung

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-NaNO ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ /NO ₃ als KNO ₃ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett %
1	5,9	6,7	6,7	52,0	61,8	32,3	64,3	25,2	2,6	1,3
2	6,1	7,3	5,7	45,4	53,7	38,3	65,5	23,6	2,8	0,9
3	6,1	6,9	5,6	57,4	65,6	32,6	65,7	24,0	2,7	1,4
4	6,0	7,3	6,2	68,1	77,2	24,6	64,3	24,6	2,6	1,1
5	6,1	6,9	4,5	56,8	63,5	31,9	64,4	23,9	2,7	0,5
Mittelwerte	6,0	7,0	5,7	55,9	64,4	31,9	64,8	24,3	2,7	1,0
Bereich	6,1-5,9	7,3-6,7	6,7-4,5	68,1-45,4	77,2-53,7	38,3-24,6	65,7-64,3	25,2-23,6	2,8-2,6	1,4-0,5
Standard- abweichung	+ 0,1	+ 0,3	+ 0,8	+ 8,3	+ 8,5	+ 4,9	+ 0,7	+ 0,6	+ 0,1	+ 0,4

W:E-Q Wasser: Eiweiß-Quotient

Tabelle 32: Bestimmung von Parametern im Kern von unverpackt gelagerten Schinken nach 4wöchiger Lagerung.

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-NaNO ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ /NO ₃ als KNO ₃ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett %
1	5,9	6,9	5,4	53,0	61,0	60,3	64,3	25,6	2,5	0,8
2	5,9	7,6	7,0	34,6	44,8	59,8	64,1	24,3	2,6	0,8
3	5,6	7,6	6,2	53,2	62,3	64,1	62,5	25,9	2,4	0,9
4	5,5	7,5	7,5	43,2	54,2	48,3	62,4	26,3	2,4	0,8
5	5,7	6,5	4,7	50,8	57,7	53,4	62,5	25,9	2,4	1,6
Mittelwerte	5,7	7,2	6,2	47,0	56,0	57,2	63,2	25,6	2,5	1,0
Bereich	5,9-5,5	7,6-6,5	7,5-4,7	53,2-34,6	62,3-44,8	64,1-48,3	64,3-62,4	26,3-24,3	2,6-2,4	1,6-0,8
Standard- abweichung	± 0,2	± 0,5	± 1,1	± 8,0	± 7,0	± 6,3	± 1,0	± 0,8	± 0,1	± 0,3

W:E-Q Wasser: Eiweiß-Quotient

Tabelle 33: Bestimmung von Parametern im Kern von unverpackt gelagerten Schinken nach 9wöchiger Lagerung.

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-NaNO ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ /NO ₃ als KNO ₃ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett %
1	5,6	8,2	6,6	33,4	43,1	60,1	60,5	26,6	2,3	1,4
2	5,7	8,7	6,5	13,0	22,6	65,4	59,0	28,7	2,1	1,2
3	5,6	7,9	6,7	23,1	33,0	60,8	61,9	27,6	2,2	1,3
4	5,7	7,8	7,4	22,7	33,6	60,0	60,4	28,3	2,1	1,4
5	5,7	8,1	6,7	23,0	32,8	69,4	58,2	30,6	1,9	1,1
Mittelwerte	5,7	8,1	6,8	23,0	33,0	63,1	60,0	28,4	2,1	1,3
Bereich	5,7-5,6	8,7-7,8	7,4-6,5	33,4-13,0	43,1-22,6	69,4-60,0	61,9-58,2	30,6-26,6	2,3-1,9	1,4-1,1
Standard- abweichung	+ 0,1	+ 0,4	+ 0,4	+ 7,2	+ 7,3	+ 4,2	+ 1,4	+ 1,5	+ 0,1	+ 0,1

W:E-Q Wasser:Eiweiß-Quotient

Tabelle 34: Bestimmung von Parametern der Randzone (mit Speckanteil) von unverpackt gelagerten Schinken nach 2wöchiger Lagerung

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-NaNO ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ /NO ₃ als KNO ₃ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett %
1	5,6	6,0	5,2	48,9	56,6	42,2	44,6	27,4	1,6	17,5
2	5,6	5,9	6,4	33,7	43,1	39,0	48,1	26,2	1,8	20,9
3	5,7	5,8	5,7	52,0	60,4	36,4	44,4	25,1	1,8	19,8
4	5,6	6,0	13,2	49,5	68,8	38,4	47,4	27,2	1,7	21,8
5	5,8	5,5	4,9	25,1	32,2	38,5	43,3	25,0	1,7	20,8
Mittelwerte	5,7	5,8	7,1	41,8	52,2	38,9	45,6	26,2	1,7	20,2
Bereich	5,8-5,6	6,0-5,5	13,2-4,9	52,0-25,1	68,8-32,2	42,2-36,4	48,1-43,3	27,4-25,0	1,8-1,6	21,8-17,5
Standard- abweichung	+ 0,1	+ 0,2	+ 3,5	+ 11,8	+ 14,5	+ 2,1	+ 2,1	+ 1,1	+ 0,1	+ 1,6

W:E-Q Wasser: Eiweiß-Quotient

Tabelle 35: Bestimmung von Parametern der Randzone (mit Speckanteil) von unverpackt gelagerten Schinken
nach 4wöchiger Lagerung

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-NaNO ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ /NO ₃ als KNO ₃ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett %
1	5,9	6,0	5,1	34,1	41,6	71,2	44,2	27,2	1,6	22,7
2	5,8	6,1	5,2	30,3	37,9	68,6	45,2	26,6	1,7	20,6
3	5,5	6,3	5,0	35,9	43,2	71,2	45,6	29,3	1,6	19,4
4	5,5	5,9	6,1	42,2	51,1	70,1	45,2	27,9	1,6	20,9
5	5,8	5,2	4,5	45,4	52,0	62,4	42,8	22,5	1,9	27,9
Mittelwerte	5,7	5,9	5,2	37,6	45,2	68,7	44,6	26,7	1,7	22,3
Bereich	5,9-5,5	6,3-5,2	6,1-4,5	45,4-30,3	52,0-37,9	71,2-62,4	45,6-42,8	29,3-22,5	1,9-1,6	27,9-19,4
Standard- abweichung	+ 0,2	+ 0,4	+ 0,6	+ 6,1	+ 6,2	+ 3,7	+ 1,1	+ 2,6	+ 0,1	+ 3,3

W:E-Q Wasser:Eiweiß-Quotient

Tabelle 36: Bestimmung von Parametern der Randzone (mit Speckanteil) von unverpackt gelagerten Schinken nach 9wöchiger Lagerung

Nr.	pH-Wert	NaCl %	Rest-NaNO ₂ ppm	Rest-KNO ₃ ppm	Rest-NO ₂ /NO ₃ als KNO ₃ ppm	Umrötung %	Wasser %	Rohprotein %	W:E-Q	Fett
1	5,7	6,6	6,1	14,8	23,8	68,5	41,5	27,1	1,5	23,0
2	5,8	5,7	5,9	17,7	26,3	79,1	46,1	27,0	1,7	18,3
3	5,7	6,4	4,9	27,0	34,1	63,5	44,2	29,6	1,5	19,5
4	5,7	6,7	10,6	28,0	43,5	67,5	45,4	27,3	1,7	16,5
5	5,8	6,7	5,6	29,3	37,5	80,1	40,0	28,3	1,4	22,1
Mittelwerte	5,7	6,4	6,6	23,4	33,0	71,7	43,4	27,9	1,6	19,9
Bereich	5,8-5,7	6,7-5,7	10,6-4,9	29,3-14,8	43,5-23,8	80,1-63,5	46,1-40,0	29,6-27,0	1,7-1,4	23,0-16,5
Standard- abweichung	+ 0,1	+ 0,4	+ 2,3	+ 6,6	+ 8,1	+ 7,4	+ 2,6	+ 1,1	+ 0,1	+ 2,7

W:E-Q Wasser: Eiweiß-Quotient

3.2.2.5 BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Innerhalb von 9 Wochen Lagerung zeigte der Kern der vakuumverpackt gelagerten Schinken eine leichte Erhöhung seines Kochsalzgehaltes, während die Werte der Randzone, mit dem darauf liegenden Speckanteil zusammen analysiert, praktisch konstant blieben; der Kochsalzgehalt des Kerns betrug nach 2wöchiger Lagerung 6,5 %, nach 4wöchiger Lagerung 6,8 %, nach 9wöchiger Lagerung 7,3 % (Tabellen 25, 26, 27), während die Randzone folgende Werte aufwies: 5,1 % nach 2-, 4,8 % nach 4- und 5,2 % nach 9wöchiger Lagerung (Tabellen 28, 29, 30).

Der Kochsalzgehalt wies in den Kernzonen der unverpackten Schinken eine Erhöhung von 7,0 % nach 2 Wochen und 8,1 % nach 9 Wochen Lagerung auf (Tabellen 31, 32, 33). Im Vergleich dazu stieg der Kochsalzgehalt in den Randzonen (mit Speckanteil) von 5,8 % nach 2 Wochen auf 5,9 % nach 4 Wochen Lagerung und schließlich nach 9wöchiger Lagerung auf 6,4 % an (Tabellen 34, 35, 36).

Orientierende Untersuchungen zum Vergleich von Kern- und Randzone zur Fleischseite ergaben in etwa den gleichen Kochsalzgehalt für beide Zonen (5,8 % im Kern und 5,9 % in der Randzone). Die Umrechnung des Kochsalzes auf die fettfreie Trockensubstanz erbrachte wesentlich höhere Gehalte für den Kern im Vergleich zur fleischseitigen Randzone.

Die Kochsalzgehalte blieben mit Werten zwischen 19,4 % und 20,1 % in der fettfreien Trockensubstanz in den Kernzonen der vakuumverpackt gelagerten Schinken im

großen und ganzen gleich, während in den Randzonen im Verlauf der Lagerung Werte von 16,5 und 16,7 % zu verzeichnen waren (Tabelle 37).

Tabelle 37: Auf fettfreie Trockensubstanz berechnete Kochsalzgehalte in Kern- und Randzonen von vakuumverpackt und unverpackt gelagerten Schinken in %

Kochsalzgehalte in Kernzonen:

	<u>Nach</u> <u>verp.</u>	<u>2wöch.-</u> <u>unverp.</u>	<u>Nach</u> <u>verp.</u>	<u>4wöch.-</u> <u>unverp.</u>	<u>Nach 9wöch.-Lagerung</u> <u>verp.</u>	<u>unverp.</u>
	19,8	19,5	19,7	19,8	20,6	21,5
	21,1	21,7	20,1	21,7	20,6	21,9
	18,7	21,0	19,7	20,8	18,6	21,5
	17,1	21,1	19,2	20,4	20,5	20,4
	<u>20,2</u>	<u>19,7</u>	<u>19,4</u>	<u>18,1</u>	<u>20,3</u>	<u>19,9</u>
$\bar{x} =$	19,4	20,6	19,6	20,2	20,1	21,0

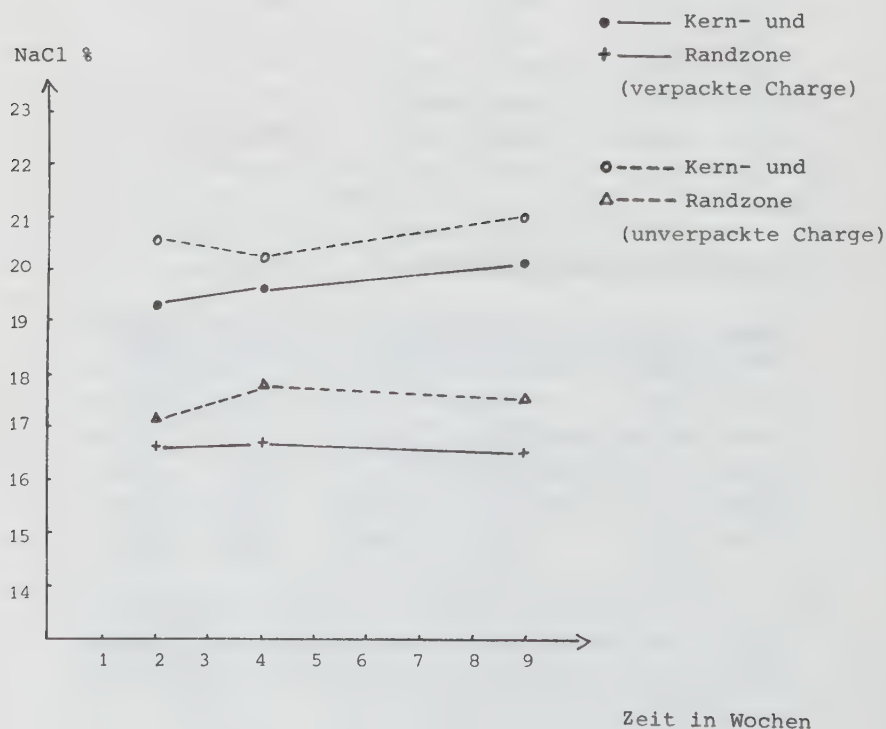
Kochsalzgehalte in Randzonen:

	<u>Nach</u> <u>verp.</u>	<u>2wöch.-</u> <u>unverp.</u>	<u>Nach</u> <u>verp.</u>	<u>4wöch.-</u> <u>unverp.</u>	<u>Nach 9wöch.-Lagerung</u> <u>verp.</u>	<u>unverp.</u>
	15,9	15,8	16,9	18,1	16,4	18,6
	16,5	19,0	16,7	17,8	16,6	16,0
	16,1	16,2	16,5	18,0	17,0	17,6
	16,4	19,5	16,8	17,4	15,8	17,6
	<u>18,6</u>	<u>15,3</u>	<u>16,8</u>	<u>17,7</u>	<u>16,7</u>	<u>17,7</u>
$\bar{x} =$	16,7	17,2	16,7	17,8	16,5	17,5

Der Kochsalzgehalt der fettfreien Trockensubstanz in den Kern- als auch in den Randzonen der unverpackten Schinken blieb praktisch unverändert (Tabelle 37).

Abbildung 9 stellt graphisch dar, wie sich der Kochsalzgehalt der fettfreien Trockensubstanz in Kern- und Randzonen von vakuumverpackt und unverpackt gelagerten Schinken entwickelte.

Abbildung 9:

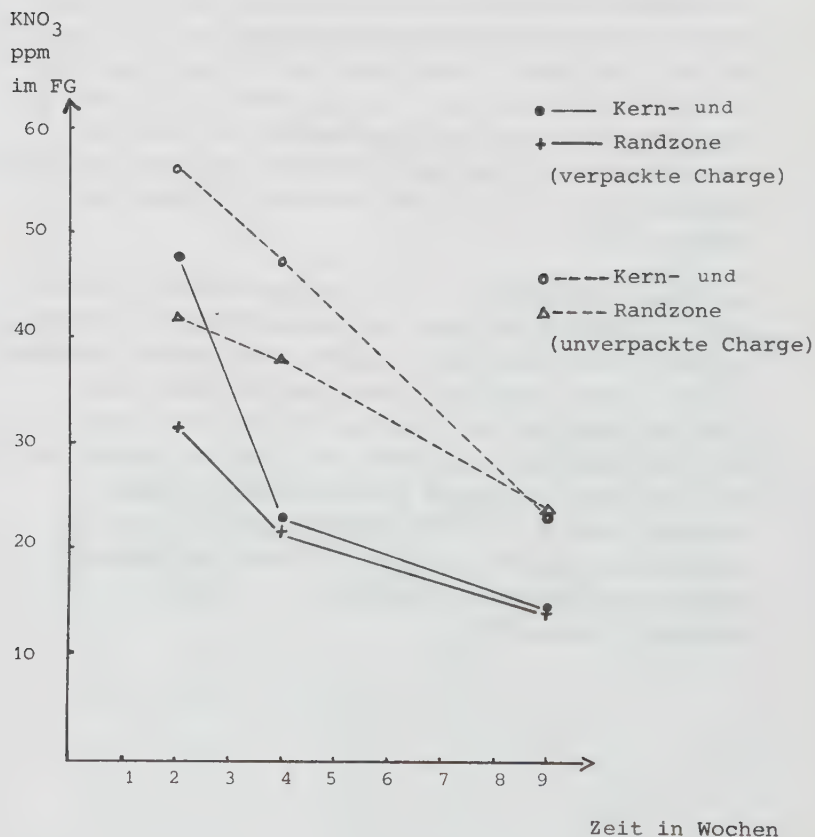


Die Restnitritgehalte blieben während der gesamten Lagerungszeit praktisch unverändert. Sie lagen in Kern- und Randzonen der unverpackt und vakuumverpackt gelagerten Schinken unter 10 ppm.

Die Restnitratgehalte der vakuumverpackten Schinken senkten sich in den Kernzonen im Mittel von 47,9 ppm auf 22,7 ppm nach 4 Lagerungswochen und nach weiteren 5 Wochen schließlich auf 17,0 ppm (Tabellen 25, 26, 27), während die KNO_3 -Konzentrationen der Randzonen im Mittel von 31,5 ppm nach 2wöchiger über 22,0 ppm nach 4wöchiger auf 16,9 ppm nach 9wöchiger Lagerung abfiel (Tabellen 28, 29, 30).

Die Abnahme des KNO_3 in Kern- und Randzonen der unverpackt gelagerten Schinken war unregelmäßig; sie wiesen im Kern Mittelwerte von 55,9 ppm nach 2 Wochen Lagerung, 47,0 ppm nach 4 Wochen Lagerung und 23,0 ppm nach 9 Wochen Lagerung auf (Tabellen 31, 32, 33), während die KNO_3 -Gehalte der Randzone von 41,8 ppm nach 2- auf 37,6 ppm nach 4- und auf 23,4 ppm nach 9wöchiger Lagerung abgesenkt wurden (Tabellen 34, 35, 36). Die Entwicklung des KNO_3 -Gehaltes in Kern- und Randzonen während der 9wöchigen Lagerung ist in Abbildung 10 graphisch dargestellt.

Abbildung 10: Entwicklung der KNO_3 -Gehalte in Kern- und Randzonen von vakuumverpackt und unverpackt gelagerten Spaltschinken



Die Restgehalte an $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ als KNO_3 berechnet entwickelten sich bei beiden Chargen in Kern- und Randzonen vergleichbar den KNO_3 -Gehalten.

Tabelle 38: $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ -Restgehalte in fettfreier Trockensubstanz von Kern- und Randzonen der vakuumverpackt und unverpackt gelagerten Schinken (in ppm)

Restgehalte an $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ (als KNO_3 berechnet) in Kernzonen:

Nach 2 Woch.-		Nach 4 Woch.-		Nach 9 Woch.-Lagerung	
<u>verp.</u>	<u>unverp.</u>	<u>verp.</u>	<u>unverp.</u>	<u>verp.</u>	<u>unverp.</u>
126,3	179,7	102,9	174,8	73,3	113,1
179,8	159,8	106,7	127,6	69,6	56,8
220,2	199,4	92,0	170,2	67,7	89,7
160,3	223,1	82,5	147,3	106,2	88,0
<u>171,0</u>	<u>180,9</u>	<u>113,4</u>	<u>160,7</u>	<u>68,7</u>	<u>80,6</u>
$\bar{x} =$ 171,5	188,6	99,5	156,1	77,1	85,6

Restgehalte an $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ (als KNO_3 berechnet) in Randzonen:

Nach 2 Woch.-		Nach 4 Woch.-		Nach 9 Woch.-Lagerung	
<u>verp.</u>	<u>unverp.</u>	<u>verp.</u>	<u>unverp.</u>	<u>verp.</u>	<u>unverp.</u>
84,4	149,3	129,5	125,7	78,4	67,0
143,9	139,0	104,4	110,8	85,9	66,9
151,9	169,3	149,3	123,4	84,1	93,9
129,9	223,4	93,4	150,7	138,6	114,2
<u>160,6</u>	<u>89,7</u>	<u>126,2</u>	<u>177,5</u>	<u>81,6</u>	<u>98,9</u>
$\bar{x} =$ 134,1	154,1	120,6	137,6	93,7	88,2

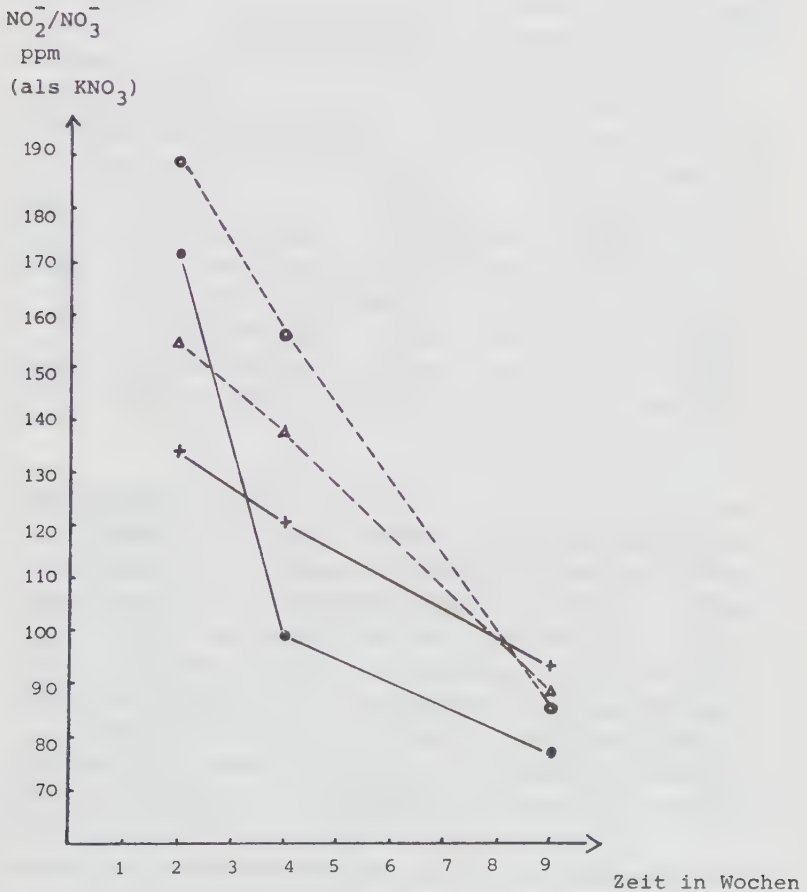
Der Kern der vakuumverpackten Schinken wies eine starke Abnahme des $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ -Gehaltes zwischen der 2. und 4. Lagerungswoche auf, und zwar von 171,5 ppm auf 99,5 ppm. Nach 9 Wochen war ein Gehalt von 77,1 ppm erreicht.

Die Randzone derselben Schinken enthielt nach 2wöchiger Lagerung 134,1 ppm, nach der 4. Lagerungswoche 120,6 ppm und nach der 9. Lagerungswoche 93,7 ppm $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$. Die Kernzone wies also eine stärkere Abnahme während der 9wöchigen Lagerung auf als die entsprechende Randzone.

Bei den unverpackt gelagerten Schinken sank der Restgehalt der Kernzone an Gesamt- $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ (als KNO_3 berechnet) von 188,6 ppm auf 156,1 ppm nach der 4. Woche und schließlich auf 85,6 ppm nach der 9. Woche der Lagerung, während die Randzone Gehalte von anfänglich 154,1 ppm auf 137,6 ppm nach der 4. Woche und 88,2 ppm nach der 9. Woche der Lagerung enthielt.

Abbildung 11 stellt den Verlauf des Rest- $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ -Gehaltes in fettfreier Trockensubstanz in Kern- und Randzone von vakuumverpackt und unverpackt gelagerten Spaltschinken dar.

Abbildung 11: Darstellung des $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ -Verlaufs in fettfreier Trockensubstanz der Kern- und Randzone von vakuumverpackt und unverpackt gelagerten Spaltschinken



- — Kernzone der vakuumverpackt gelagerten Schinken
- + — Randzone der vakuumverpackt gelagerten Schinken
- ---- Kernzone der unverpackt gelagerten Schinken
- Δ ---- Randzone der unverpackt gelagerten Schinken

Der pH-Wert in der Kernzone der vakuumverpackten Schinken fiel im Laufe der Lagerung von 5,8 auf 5,6 (Tabellen 25, 26, 27), während er in der Randzone praktisch gleich blieb (Tabellen 28, 29, 30).

Bei den unverpackten Schinken sank der pH-Wert der Kernzone von anfänglich 6,0 auf 5,7 nach der 4. Woche und blieb bis zum Ende der Lagerung gleich (Tabellen 31, 32, 33), während sich der pH-Wert der Randzone während der gesamten Lagerungszeit nicht veränderte (Tabellen 34, 35, 36).

Die Untersuchung der Umrötung in der Randzone ergab nach 4wöchiger Lagerung befriedigende Werte, d.h. über 60 %, während im Kern zu dieser Zeit nur ein Teil der Schinken ausreichend umgerötet war (Tabellen 26, 29, 32, 35). Nach 9 Wochen wurde mit Ausnahme eines Schinkens auch in der Kernzone eine Umrötung von über 60 % festgestellt (Tabellen 27, 33).

Bei der Entwicklung des Wassergehaltes in der Kernzone der vakuumverpackten Schinken wurde eine leichte Erniedrigung bei jeder Untersuchungsstufe festgestellt. Von 65,1 % nach 2 Lagerungswochen fiel der Gehalt nach der 4. Woche der Lagerung auf 64,3 % und nach der 9. Woche der Lagerung auf 62,5 % ab (Tabellen 25, 26, 27), während er gleichzeitig in der Randzone nach einem anfänglichen Wert von 46,3 % auf 48,7 % nach der 4. Woche und schließlich auf 49,1 % nach der 9. Woche der Lagerung anstieg (Tabellen 28, 29, 30).

Der Wassergehalt in Kern- und Randzone der unverpackten Schinken fiel nach 2-, 4- und 9wöchiger Lagerung auf 64,8 %, 63,2 % und 60,0 % im Kern (Tabellen 31, 32, 33) und von 45,6 % auf 44,6 % und 43,4 % in der Randzone (Tabellen 34, 35, 36).

Den gleichen Verlauf hatte der auf die fettfreie Substanz umgerechnete Wassergehalt der Kern- und Randzone von beiden Chargen (Tabelle 39 und Abbildung 12).

Tabelle 39: Auf fettfreie Substanz umgerechnete Wassergehalte in Kern- und Randzone von vakuumverpackten und unverpackten Spaltschinken

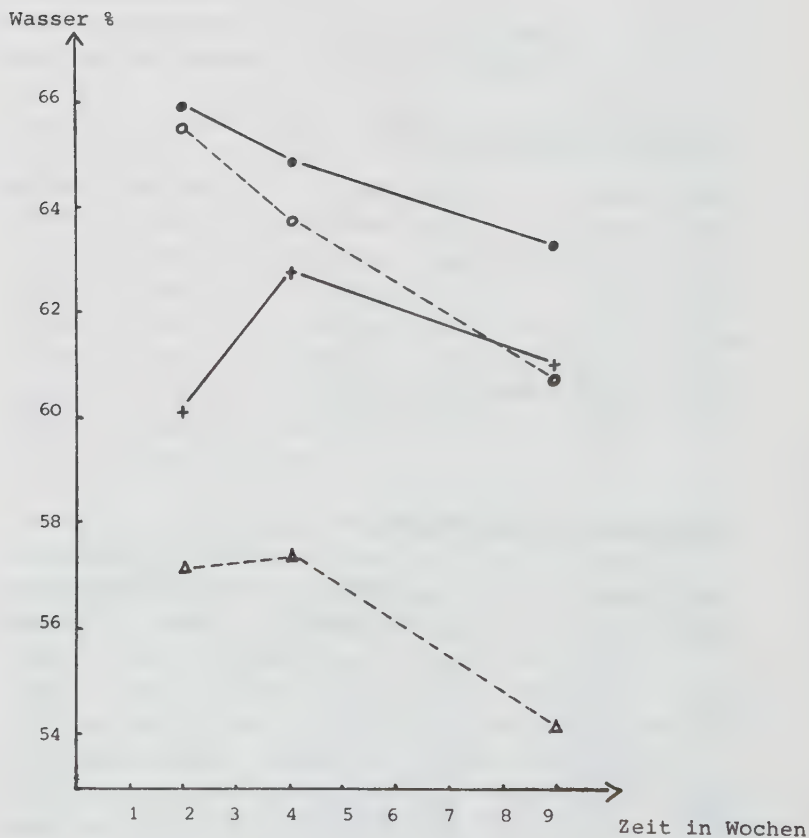
Wassergehalt in der Kernzone

<u>Nach 2wöch.-</u>		<u>Nach 4wöch.-</u>		<u>Nach 9wöch.-Lagerung</u>	
<u>verp.</u>	<u>unverp.</u>	<u>verp.</u>	<u>unverp.</u>	<u>verp.</u>	<u>unverp.</u>
66,2	65,1	65,2	64,8	63,8	61,4
65,9	66,1	63,9	64,6	64,2	59,7
66,4	66,6	64,7	63,1	64,1	62,7
65,1	65,0	65,9	62,9	61,0	61,3
<u>65,7</u>	<u>64,7</u>	<u>64,6</u>	<u>63,5</u>	<u>63,2</u>	<u>58,8</u>
$\bar{x} = 65,9$	65,5	64,9	63,8	63,3	60,8

Wassergehalt in der Randzone

<u>Nach 2wöch.-</u>		<u>Nach 4wöch.-</u>		<u>Nach 9wöch.-Lagerung</u>	
<u>verp.</u>	<u>unverp.</u>	<u>verp.</u>	<u>unverp.</u>	<u>verp.</u>	<u>unverp.</u>
57,5	54,1	62,3	57,2	61,1	53,9
61,6	60,8	62,7	56,9	59,6	56,4
57,7	55,4	61,4	56,6	61,9	54,9
60,9	60,6	63,8	57,1	59,5	54,4
<u>63,2</u>	<u>54,7</u>	<u>63,9</u>	<u>59,4</u>	<u>62,7</u>	<u>51,3</u>
$\bar{x} = 60,2$	57,1	62,8	57,4	61,0	54,2

Abbildung 12: Wassergehalte in fettfreier Substanz in Kern- und Randzone von vakuumverpackt und unverpackt gelagerten Schinken



- — Kernzone der vakuumverpackt gelagerten Schinken
- + — Randzone der vakuumverpackt gelagerten Schinken
- --- Kernzone der unverpackt gelagerten Schinken
- △ --- Randzone der unverpackt gelagerten Schinken

Der Rohproteingehalt der Kernzone der vakuumverpackten Schinken wies im Verlauf der Lagerung einen leichten Anstieg von 24,9 % nach 2wöchiger Lagerung auf 26,3 % nach der 9. Woche der Lagerung auf (Tabellen 25, 26, 27). In der Randzone blieb der Rohproteingehalt während der Lagerung mit Werten von 24,9 %, 24,4 % und 24,8 % praktisch unverändert (Tabellen 28, 29, 30).

Die unverpackten Schinken wiesen Rohproteinwerte in der Kernzone von 24,3 % nach der 2. Woche, 25,6 % nach der 4. Woche und 28,4 % nach der 9. Woche der Lagerung auf (Tabellen 31, 32, 33), während sich für die Randzone nach 2-, 4- und 9wöchiger Lagerung Werte von 26,2 %, 26,7 % und 27,9 % ergaben (Tabellen 34, 35, 36).

4 DISKUSSION

Die Herstellung von Rohpökelfleisch stellt höchste Ansprüche an die technologischen Kenntnisse des Produzenten und an die Qualität des Ausgangsmaterials. Die Qualität von Schweinefleisch, also des Ausgangsmaterials für die meisten Rohpökelfleischwaren, verschlechterte sich in den letzten Jahrzehnten durch das vermehrte Auftreten von PSE- und DFD-Symptomen. Dies wird auf verschiedene Faktoren wie geänderte Haltungsformen, intensivere Fütterung und eine dadurch hervorgerufene verminderte Resistenz der Schweine gegenüber Transport- und Schlachtungsbelastungen zurückgeführt. Die verminderte Fleischqualität und eine in vielen Fällen damit verbundene höhere Keimbelastung des Materials stellt den Rohpökelfleischwarenhersteller oft vor sehr große Probleme. Dies um so mehr, als in den letzten Jahren die Verwendung von Pökelfleisch vom VO-Geber stark reglementiert worden ist, was zur Folge hat, daß durch die verminderte Zugabe von Nitrit und Nitrat das Risiko einer Fehlproduktion, sei es nun verminderte Haltbarkeit, schlechtere Umrötung oder Umaromatisierung, größer geworden ist. Deshalb ist es notwendig, bessere Kenntnisse über die physikalischen, chemischen und enzymatischen Vorgänge während des Pökelfleischens zu besitzen, um auf diese im Bedarfsfalle auch Einfluß nehmen zu können.

Eigene Untersuchungen verfolgten ausgewählte physikalische und chemische Parameter während der Herstellung und Lagerung von Spaltschinken unter Industriebedingungen.

Die nach der Trockenpökellung festgestellten Kochsalzgehalte stiegen während der Naßpökelfase leicht an, wurden aber durch das Wässern vor dem Durchbrennen wieder abgesenkt. Während des Räucherns und der Klimareifung stiegen die Salzgehalte wieder etwas an, jedoch nicht genau proportional zum Verlauf des Wasserverlustes. Dies kann jedoch mit Problemen im Bereich der Analytik zusammenhängen.

Während der Lagerung stiegen die Salzgehalte bei den unverpackten Schinken erwartungsgemäß relativ stark an, eine Tatsache, die in Abhängigkeit zu den Wasserverlusten steht. Im Gegensatz dazu blieben die Salzgehalte der vakuumverpackten Schinken mit Schwankungen innerhalb der Standardabweichung praktisch gleich.

Die Betrachtung der Gewichtsverluste während der einzelnen Herstellungsphasen ergibt einen interessanten Aspekt. So waren sie nach der Trockenpökelfase verhältnismäßig niedrig. Entgegen der von der Praxis immer wieder geäußerten Vermutung, Rohschinken nehmen während der Naßpökelfase wieder Wasser auf, wurde festgestellt, daß in dieser Herstellungsphase leichte Wasserverluste auftreten. Bezugnehmend auf die Dauer der einzelnen Phasen waren die Verluste der Schinken während des Durchbrennens, der Räucherung und der Klimareifung am höchsten. Die relativ niedrigen Gewichtsverluste während der Trockenpökelfase sind mit den Erkenntnissen von CALLOW (8, 9, 10) zu erklären, nämlich einer Quellung der Muskelfasern bei Salzkonzentrationen um 5,0 %.

Ein Vergleich der Gewichte von Schinken, die sich längere Zeit am Boden des Pökelbehälters befanden, ergab für Schinken, bei denen diese Zeit kürzer gewesen war, daß sich nach der Trockenpökelung noch vorhandene Gewichtsunterschiede im Laufe der weiteren Herstellung weitgehend ausgleichen. So scheint die Lage der Schinken im Pökelbehälter für die angestrebte Austrocknung des Produktes bis zum Ende der Herstellung in einem gewissen Rahmen unerheblich zu sein. Auch ist anzunehmen, daß trotzdem auftretende Gewichtsverlustunterschiede während der Rohpökelwarenherstellung im wesentlichen von der Beschaffenheit des Ausgangsmaterials abhängig sind.

Die Gewichtsverluste während der Lagerung der unverpackten Schinken waren erheblich. Sie verloren innerhalb von 9 Wochen durchschnittlich 19,5 % des Gewichtes vor Beginn der Lagerung. Dies ist sicherlich vom wirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen ein schwerwiegender Aspekt. Deshalb sollte zwischen den wirtschaftlichen und qualitativen Erfordernissen ein Kompromiß gefunden werden.

Wenn man die Qualitätsforderungen an Rohschinken von LINKE und RÖDEL (87) zugrunde legt, müßten die Schinken nach der 4. Lagerungswoche bei Erreichen eines Wasser: Eiweiß-Quotienten (W:E-Q) von 2,1 und eines Salzgehaltes von ca. 6,5 % vakuumverpackt werden. Dies scheint jedoch aus verpackungstechnischen Gründen nicht ratsam, weil die Oberfläche der Schinken bei der 4wöchigen "unverpackten Lagerung" zu hart wird und unter Umständen Ecken und Kanten des Schinkens die Verpackung durchstoßen können und sog. "Luftzieher" entstehen lassen.

Deshalb scheinen auch die Maßstäbe von LINKE und RÖDEL (87) als etwas zu streng angelegt. Auch die geforderten Salzgehalte von über 6,5 % werden sicherlich nicht von jedem Verbraucher akzeptiert. Bei Anlegen dieser Maßstäbe an die von Beginn der Lagerung an vakuumverpackten Schinken erfüllten diese nach 9wöchiger Lagerung zwar den geforderten W:E-Q von 2,1, blieben aber mit einem Salzgehalt von durchschnittlich 5,9 % deutlich unter dem geforderten Mindestgehalt von 6,5 %.

Die wenn auch geringe Erniedrigung der Wassergehalte im Fleisch bei den vakuumverpackten Schinken ist mit einem Flüssigkeitsaustritt von den Schinken in die Verpackung zu erklären. Diese Flüssigkeit verbleibt zum Teil zwischen Verpackung und Schinken, wird aber auch teilweise von der Schwarte aufgenommen, so daß die Schwarte bei den vakuumverpackten Waren über die gesamte Lagerungsdauer eine weiche Konsistenz aufwies.

Außer einem leichten Abfall während der Naßpökelung blieben die pH-Werte während der anderen Herstellungsphasen im allgemeinen konstant. Der Grund des pH-Abfalls bei der Naßpökelung ist vermutlich eine Milieubesserung für Mikroorganismen, deren Stoffwechselprodukte den pH-Wert absenken. Der anschließende Wiederanstieg des pH-Wertes beim Durchbrennen kann nach Ten CATE (13) mit der Bildung von Laugen beim Salpeterabbau begründet werden. Wahrscheinlicher ist jedoch, daß durch die Freisetzung von Aminen und Peptiden gebildete Basen auf Grund proteolytischer Vorgänge zu einer pH-Wert-Erhöhung führen. Nach CORETTI (20) kann Nitrit nämlich Mikroorganismen als Sauerstoffquelle für die Oxidation des Laktats fungieren, wobei Stickstoff

und Kaliumhydroxid gebildet werden. Letzteres verbindet sich mit der aus der Laktatoxidation freigesetzten Kohlensäure zu dem alkalisch reagierenden Kaliumkarbonat. Eine nennenswerte Veränderung der pH-Werte während der Lagerung, nämlich eine Erniedrigung, war nur bei den vakuumverpackten Schinken zu verzeichnen. Dies ist sicherlich auf die Tätigkeit von säurebildenden Mikroorganismen (z.B. Laktobazillen) zurückzuführen, die in der Verpackung im Vergleich zu den unverpackten Schinken günstigere Bedingungen vorfinden.

Die Nitritgehalte der Schinken bestätigen die Ergebnisse von WIRTH (146), der in aus dem Handel entnommenen Rohschinken i.d.R. Restnitritgehalte um 5 ppm feststellte. Die starke Erniedrigung des Nitritgehaltes während der Naßpökelung kann einerseits auf die günstigeren Bedingungen für den Nitritabbau (z.B. niedrigerer pH-Wert), andererseits aber auch auf eine gewisse Ausschwemmung von Nitrit und Salpeter aus den Schinken zurückgeführt werden. Nach dieser starken Erniedrigung während der Naßpökelung veränderten sich die Nitritgehalte während der weiteren Herstellung und anschließenden Lagerung wenig, d.h. sie blieben in der Regel unter 10 ppm.

Bei der Betrachtung der Nitratgehalte während der Herstellung ist festzustellen, daß der Nitratabbau hauptsächlich während der ersten 3 Herstellungsphasen (Trockensalzung, Naßpökelung und Durchbrennen) erfolgt, was auf eine erhöhte Mikroorganismen-tätigkeit während dieser Phasen schließen läßt. Es ist zu vermuten, daß in den folgenden Herstellungsschritten - begründet auch durch die hohen Gewichtsverluste - der a_w -Wert so weit abgesenkt wird, daß eine nennenswerte Nitratreduktion

durch Mikroorganismen nicht mehr möglich ist. Auch während der Lagerung der Schinken ist nur noch ein sehr langsamer Nitratabbau zu beobachten. Dabei spielte es keine Rolle, ob die Schinken vakuumverpackt oder unverpackt gelagert wurden. Daraus ist zu schließen, daß zur Vermeidung hoher Restnitratgehalte den ersten Herstellungsschritten größte Beachtung geschenkt werden muß.

Die Verteilung von Salz und Pökelfstoffen im Schinken während der Reifung und der Lagerung wurde bisher nur wenig untersucht. MILLER und ZIEGLER (91) sowie BALDINI, BERNARDI und RACZYNSKI (2) haben die Verteilung bei Knochenschinken verfolgt. Sie stellten fest, daß sich die Salzgehalte von Kern- und Randzone während der Reifung und Lagerung der Schinken ausgleichen. Für Spaltschinken existieren bisher jedoch noch keine Untersuchungen.

Eigene Untersuchungen an unverpackten Spaltschinken ergaben, daß die Salzgehalte der Kernzone höher waren als die der Randzone. Dies bestätigt sich vor allem bei der Umrechnung der Salzgehalte auf die fettfreie Trockensubstanz. Für diesen Befund gibt es zwei Begründungen. Einerseits ist nach KÖRMENDY und GANTNER (68) durch die niedrigeren Wassergehalte der Randzone eine Verringerung des "lösenden Stoffes" beachtlich, was eine Verdrängung des Salzes in eine an "lösendem Stoff" reichere Zone, d.h. die Kernzone, zur Folge hat. Andererseits kann auch eine gewisse Auslaugung der Randzone während des Wässerns vor dem Durchbrennen eine Rolle spielen. Bei den vakuumverpackten Schinken ist die Tendenz ähnlich. Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, daß ein großer Teil der Abtrocknung der Randzone bereits vor der Lagerung erfolgt, d.h. bei der

Räucherung und der Klimareifung. Deshalb gilt in diesem Falle auch die Verringerung des "lösenden Stoffes" in der Randzone. Andererseits aber kann auch durch den angewandten Druck der "lösliche Stoff" aus der Randzone in Kernbereiche und in den Raum zwischen Produkt und Verpackung abgedrängt worden sein.

Während die Wassergehalte in der Kernzone im Verlaufe der gesamten Lagerung eine lineare Abnahme zeigten, bei den unverpackten Schinken stärker als bei den verpackten, blieben die wesentlich niedrigeren Gehalte der Randzone während der ersten Lagerungswochen praktisch gleich, bei den vakuumverpackten Schinken war sogar ein leichter Anstieg zu verzeichnen. Dies kann damit begründet werden, daß eine gewisse Wasserverdrängung in die specknahe Randzone erfolgt ist. Der leichte Anstieg bei den vakuumverpackten Schinken läßt zusätzlich noch eine Wasseranreicherung dieser Zone durch Schwerkraft vermuten, da die Schinken gestapelt gelagert wurden, wobei die Schwarte als Auflagefläche diente.

Bei der Betrachtung der Pökelfeststoffgehalte während der Lagerung sind nur die Nitratgehalte beachtlich, da die Nitritgehalte in der Regel unter 10 ppm lagen. Während nach 2wöchiger Lagerung die Kern- und Randzone noch leichte Unterschiede in den Nitratgehalten aufwiesen, d.h. in der Kernzone etwas höher waren als in der Randzone, hatten sie sich bei den vakuumverpackten Schinken nach 4wöchiger Lagerung vollständig ausgeglichen. Zu erwähnen wäre noch, daß die Nitratgehalte der verpackten Schinken immer etwas niedriger waren als die der unverpackten, was auf eine etwas stärkere enzymatische Tätigkeit innerhalb der Vakuumverpackung schließen läßt.

Die Umrötung entwickelte sich erwartungsgemäß im Kern langsamer als in der Randzone, was auch mit der etwas stärkeren Nitrat- und Nitritabnahme in der Randzone übereinstimmt. Mit einer Ursache dafür kann die 24stündige Räucher- temperatur von 40-42 °C zu Anfang der Räucherung sein, die sich a priori in der Randzone als günstigere Wachstumstemperatur für nitrat- und nitritabbauende Mikroorganismen auswirken könnte. Allgemein ist zu sagen, daß die Schinken, ob verpackt oder unverpackt, den gesetzten Sollbereich von 50-60 % Umrötung auch im Kern nach 4wöchiger Lagerung erreicht hatten.

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß Fehlerquellen bei der Rohpökelfleischherstellung zum überwiegenden Teil in den ersten Herstellungsphasen (Trockenpökeln, Naßpökeln und Durchbrennen) auftreten. In dieser Zeit läuft der größte Teil der physikalischen, chemischen und enzymatischen Vorgänge ab, die den Genußwert und die Haltbarkeit des Produktes sichern. Deshalb ist es innerhalb gewisser Grenzen unbeachtlich, in welcher Weise die nachfolgenden Herstellungsschritte (z.B. Räucherung und Klimatisierung) und die Lagerung durchgeführt werden. Natürlich laufen auch während dieser Zeit noch Vorgänge wie Verstärkung der Umrötung und der Umaramatisierung im Schinken ab. Die Voraussetzungen für diese Vorgänge wurden jedoch bereits in den ersten Herstellungswochen geschaffen. Deshalb können bei sorgfältiger Anwendung geeigneter Pökeltechnologien trotz relativ hoher zugesetzter Nitrit- und Nitratmengen sehr niedrige Restgehalte an diesen Stoffen erzielt werden. Dabei ist es auch unerheblich, ob die Schinken vakuumverpackt oder unverpackt gelagert werden.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Die Literatur über Technologie, Chemie und Mikrobiologie des Pökeln wurde besprochen sowie auf die wichtigsten Arbeiten, die sich mit der Verpackung von Lebensmitteln befassen, eingegangen.

Untersucht wurde an industriell hergestellten rohen Spaltschinken der Einfluß der verschiedenen Herstellungsphasen auf Gewichtsverlust, pH-Wert und Gehalt an Kochsalz und Pökelfstoffen. Die im Vergleich zur Durchbrenn-, Räucherungs- und Klimareifungsphase während der einzelnen Pökelfphasen sehr geringen Gewichtsverluste waren abhängig von der Lage der Schinken im Pökelfbehälter. Sie haben sich im Verlauf der weiteren Herstellung ausgeglichen. Die pH-Werte änderten sich während der gesamten Herstellungsdauer kaum. Der Abbau von Nitrit und Nitrat erfolgte hauptsächlich während der ersten drei Herstellungsphasen (Trockenpökung, Naßpökung und Durchbrennen). Während die Nitratgehalte in den weiteren Herstellungsphasen leicht abnahmen, blieben die Nitritgehalte mit Werten unter 10 ppm praktisch konstant. Bei den Kochsalzgehalten war nach der Pökung ein Anstieg zu verzeichnen.

Des weiteren wurden pH-Werte, Wasser-, Rohprotein-, Fett- und Kochsalzgehalte, Nitrit- und Nitrat-Restgehalte und prozentuale Umrötung an vakuumverpackten und unverpackten Spaltschinken nach 2-, 4- und 9wöchiger Lagerung untersucht. Im Vergleich zu gleichbleibenden pH-Werten der unverpackten Schinken wurde bei den vakuumverpackten eine Erniedrigung festgestellt. Die

Erniedrigung des Wasser-Eiweiß-Verhältnisses war bei den vakuumverpackten Schinken nur tendenziell festzustellen, bei den unverpackten jedoch sehr deutlich. Daraus resultiert auch der relativ starke Anstieg des Kochsalzgehaltes bei den unverpackten Schinken, während dieser bei den verpackten im allgemeinen gleich blieb. Bei allen Schinken war ein sehr langsamer Nitratabbau zu beobachten, die Nitritgehalte blieben unter 10 ppm. Die Umrötung war nach der 4. Lagerungswoche befriedigend.

Die Untersuchung von Kern- und Randzone der Schinken ergab, daß die Salzgehalte im Kern höher waren als in der Randzone. Die Wassergehalte im Kern nahmen im Verlauf der Lagerung konstant leicht ab, während die schon von vornherein wesentlich niedrigeren Gehalte der Randzone in den ersten Lagerungswochen praktisch gleich blieben; bei den vakuumverpackten Schinken wurde sogar ein leichter Anstieg festgestellt. Zu Beginn der Lagerung wurden in der Kernzone der Schinken höhere Nitrat-Restgehalte als in der Randzone gefunden. Sie haben sich während der 9wöchigen Lagerung vollständig ausgeglichen. Die Nitrit-Restgehalte lagen in Kern- und Randzone unter 10 ppm. Die Umrötung entwickelte sich in der Randzone schneller als im Kern.

SUMMARY

The literature concerning the technology, chemistry and microbiology of salt-curing has been discussed in detail and the most important literature dealing with food packaging considered.

The influence of different stages of production on the loss in weight, pH value and salt content and curing agents in industrially produced raw ham (Spaltschinken) was examined. The very small loss in weight - in comparison to the "Durchbrennen", smoking and drying stages - were dependent on the position of the ham in the container. They equalized in the course of production. The pH values hardly changed during the entire process. Decrease of nitrite and nitrate occurred mainly during the first three phases of production (dry-curing, liquid-curing, "Durchbrennen"). While the nitrate content slightly decreased in the further phases, the nitrite content remained constant with a value less than 10 ppm. An increase in salt content was to be recorded after curing.

The pH values, water, raw protein, fat content and salt content, nitrite and nitrate residues and procentual coloration of the vacuum packed and unpackaged raw ham (Spaltschinken) were further examined after 2-, 4-, and 9- weeks of seasoning. In contrast to the constant pH values of unpackaged ham, a reduction was observed with the vacuum packed ham. While the reduction in the water-protein ratio of the vacuum packed ham was only negligible it was very clear with the unpackaged ham.

This was the reason for relatively large increase in the salt content of the unpackaged hams, while it remained the same for the packaged hams in general. In all hams a slow decrease in nitrates was observed, the nitrite content remained under 10 ppm. After the 4th week of storage coloration was satisfactory.

The examination of the middle and outer zone of the ham revealed that the salt concentration in the middle was higher than in the outer zone. The water content in the middle consistently decreased slightly during seasoning while the content in the outer zone, which is of a much lower concentration in the beginning, remained practically the same during the first weeks of storage; in the vacuum packed hams even a slight increase was observed. During the beginning of the storage, higher nitrite residual concentrations were found in the middle zone than in the outer zone. During the 9 week seasoning period these concentrations completely balanced out. The nitrite residual concentrations in the middle and outer zones stayed below 10 ppm. The coloration developed faster in the outer zone than in the middle.

6 LITERATURVERZEICHNIS

1. AUERBACH, F., und G. RIESS:
Über die Bestimmung kleiner Mengen salpetrig-saurer Salze, besonders im Pökelfleisch.
Arbeiten aus dem Reichsgesundheitsamt 51 (1919), 532; zit. nach TERPLAN (131);
2. BALDINI, P., E.P. BERNARDI e R. RACZYNSKI:
Indagini sul prosciutto tipico di Parma:
Influenza della fase di salagnione sull'evoluzione dei parametri chimico-fisici e della popolazione batterica.
Industria Conserve 52 (1977), 16;
3. BLIMERTSRIEDER, H., K. BECKER und R. HEISS:
Untersuchungen über die Gebrauchseigenschaften von Schrumpffolien für die Verpackungstechnik.
Verpackungs-Rundschau 29 (1978), Wiss. Beilage Nr. 5, S. 33;
4. BOCSÓ, J.:
Die Pökellung und Farbveränderung des Fleisches.
Fleischwirtschaft 15 (1963), 492;
5. BÖHM, A.:
Untersuchungen an Pökelfarbstoffen.
Fleischwirtschaft 5 (1953), 383;

6. BÖHME, Chr. F.:
Reifung und Lagerung von Fleisch in Folien.
Verpackungs-Rundschau 21 (1970), 379;
7. BROWN, D.L., H.B. HEDRICK and M.E. BAILEY:
Characteristics of cured ham as influenced by
levels of sodium nitrite and sodium ascorbate.
J. Food Sci. 39 (1974), 977;
8. CALLOW, E.H.:
Theory of curing.
Report of the Food Investigation Board (1931), 144;
9. CALLOW, E.H.:
Theory of curing.
Report of the Food Investigation Board (1933), 97;
10. CALLOW, E.H.:
The action of salts and other substances used in
the curing of bacon and ham.
Brit. J. of Nutrition 1 (1947), 269;
11. Ten CATE, L.:
Elementare Pökelsversuche.
Teil I.
Fleischwirtschaft 13 (1961), 400;
12. Ten CATE, L.:
Elementare Pökelsversuche.
Teil III.
Fleischwirtschaft 13, (1961), 715;

13. Ten CATE, L.:
Elementare Pökelfersuche.
Teil IV.
Fleischwirtschaft 14 (1962), 875;
14. Ten CATE, L.:
Elementare Pökelfersuche.
Teil V.
Fleischwirtschaft 14 (1962), 964;
15. Ten CATE, L.:
Elementare Pökelfersuche.
Teil VI.
Fleischwirtschaft 14 (1962), 1150;
16. Ten CATE, L.:
Elementare Pökelfersuche.
Teil VII.
Fleischwirtschaft 15 (1963), 99;
17. Ten CATE, L.:
Elementare Pökelfersuche.
Teil VIII.
Fleischwirtschaft 15 (1963), 191;
18. CORETTI, K.:
Rohwurstreifung und Fehlerzeugnisse bei der
Rohwurstherstellung.

Schriftenreihe Fleischforschung und Praxis,
Heft 5; Verlag der Rhein Hessischen Druckwerkstätte,
Alzey 1971;

19. CORETTI, K.:
Rohwurst und Rohfleischwaren.
II. Teil: Rohfleischwaren.
Fleischwirtschaft 55 (1975), 792;
20. CORETTI, K.:
Rohwurst und Rohfleischwaren
II. Teil: Rohfleischwaren
Pökelpyrozess und Pökelpyakterien.
Fleischwirtschaft 55 (1975), 1365;
21. CORETTI, K.:
Sterilisierung von Gewürzen.
Fleischwirtschaft 58 (1978), 1239;
22. CORETTI, K., und K. TÄNDLER:
Einfluß der Zuckerzugabe auf die Qualität von
Rohwurst.
Fleischwirtschaft 45 (1965), 1055;
23. EGGINGER, R.:
Erkennungsmerkmale und Eigenschaften von PSE-
und DFD-Fleisch.
Fleischerei 28 (1977), H. 4, S. 35;
24. ERDMAN, A.M., and B.M. WAATS:
Effect of storage conditions on loss of color
and free sulphydryl groups in cured meat.
Food Technol. 11 (1957), 183;

25. FISCHER, K., und Chr. AUGUSTINI:
Studien der postmortalen Glykogenolyse bei unterschiedlichen pH_1 -Werten in Schweinefleisch.
Fleischwirtschaft 57 (1977), 1191;
26. FOLLET, M.J., and P.W. RATCLIFF:
Determination of nitrite and nitrate in meat products.
J.Sci. Food Agric. 14 (1963), 138;
27. FOX, J.B.:
The chemistry of meat pigments.
J. Agric. Food Chemistry 14 (1966), 207;
28. GALLERT, H.:
Neue Erkenntnisse beim Pökeln.
Fleischerei 16 (1965), H. 1, S. 31;
29. GALLERT, H.:
Rationelle Herstellung von rohen Schinken.
Fleischerei 16 (1965), H. 2, S. 20;
30. GALLERT, H.:
Neuere Erkenntnisse beim Pökeln.
Fleischerei 18 (1967), H. 5, S. 6;
31. GALLERT, H.:
Temperatur und Umrötung.
Fleischerei 21 (1970), H. 7, S. 18;

32. GEORGAKIS, S.:
Technologia trofimon zoikis proeleuseos
(genikon meros).
Universität Thessaloniki, 1973;
33. GERHARDT, U., und T. BÖHM:
Das Pökeln - ein komplexer Vorgang.
Fleischerei 31 (1980), 1007;
34. GERHARDT, U., und T. DAM QUANG:
Mikroflora auf Fleischwaren und deren
Beeinflussung durch Gewürze.
Fleischwirtschaft 59 (1979), 327;
35. GIDDEY, C.:
The change in meat pigments in sausage
making processes.
J. Sci. Food Agric. 17 (1966), 14;
36. GISSKE, W.:
Die Bedeutung der Kohlenhydrate bei der
Herstellung einwandfreier und farbhaltender
Dauerwurst.
Fleischwirtschaft 2 (1950), 273;
37. GLATZEL, H.:
Die Gewürze.
Nicolaische Verlagsbuchhandlung, Herford 1968;

38. GOUTEFONGEA, R., R.G. CASSENS and G. WOOLFORD:
Distribution of sodium nitrite in adipose
tissue during curing.
J. Food Sci. 42 (1977), 1637;
39. GRAU, R.:
Die Verwendung von Zucker bei der Fleischwaren-
herstellung.
Fleischwirtschaft 7 (1955), 182;
40. GRAU, R.:
Fleisch und Fleischwaren.
Verlag Parey, Berlin und Hamburg 1969;
41. GRAU, R., und A. BÖHM:
Die Beeinflussung der Farbhaltung von Pökel-
fleischwaren.
Fleischwirtschaft 7 (1955), 652;
42. GRAU, R., und A. BÖHM:
Die Eignung des Trockenstärkesirups Kristallpur
zur Herstellung von Fleischwaren.
Fleischwirtschaft 11 (1959), 117;
43. GRAU, R., und A. MIRNA:
Über die Bestimmung von Nitrit, Nitrat und
Kochsalz in Fleischwaren und Laken.
Z. analyt. Chem. 158 (1957), 182;

44. GREENWOOD, D.A., W.L. LEWIS, W.M. URBAIN and L.B. JENSEN:
The heme pigments of cured meat.
IV. Role of sugar in colour of cured meat.
Food Res. 5 (1940), 625;
45. HALADA, J.:
Einfluß des pH-Werts von Muskeln auf die Schweinefleischqualität.
ref. in: Fleischwirtschaft 54 (1974), 211;
46. HAMM, R.:
Zur Biochemie der Fleischsalzung.
Z. Lebensm.-Unters. Forsch. 107 (1958), 1;
47. HAMM, R.:
Umrötung und Pökelprozess.
Fleischwirtschaft 47 (1967), 988;
48. HAMM, R.:
Kolloidchemie des Fleisches.
Verlag Prey, Berlin 1972;
49. HAMMER, G.F.:
Über die Wirkung der Gewürze.
Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für
Fleischforschung, Kulmbach, Nr. 60 (1978), 3395;
50. HANSEN, N.H., und H. RIEMANN:
Mikrobiologische Beschaffenheit von vorverpacktem Fleisch und vorverpackten Fleischwaren.
Fleischwirtschaft 14 (1962), 861;

51. HECHELMANN, H., F.K. LÜCKE und L. LEISTNER:
Mikrobiologie der Rohschinken.
Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleisch-
forschung, Kulmbach, Nr. 68 (1980), 4059;
52. HEISS, R.:
Grundlagen der Verpackung wasserdampf-,
sauerstoff- und lichtempfindlicher Lebensmittel.
Lebensm.-Wiss. u. -Technol. 10 (1977), 123;
53. HERMSEN, E.:
Die Vakuum-Pökellung und -Salzung.
Fleischwirtschaft 59 (1979), 25;
54. HOFMANN, K.:
Der pH-Wert von Fleisch und Fleischwaren und
seine Messung.
Fleischerei 23 (1972), H. 11, S. 11;
55. HOFMANN, K.:
Der pH-Wert im Fleisch.
Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleisch-
forschung, Kulmbach, Nr. 60 (1978), 3365;
56. HONIKEL, K.O.:
Bericht über den 21. Europäischen Fleisch-
forscher-Kongreß, Bern 1975.
Mitt. V zu "Technologie, Nitrit-Natrat-
Umsetzungen, Rückstände und Analytik".
Fleischwirtschaft 56 (1976), 356;

57. HONIKEL, K.O.:
Überlegungen und Vorschläge zur Früherkennung
von PSE- und DFD-Fleisch in Schlachttierkörpern.
Fleischwirtschaft 56 (1976), 1143;
58. HONIKEL, K.O., und R. HAMM:
Über die Ursache der Abnahme des pH-Wertes in
Fleisch nach dem Schlachten.
Fleischwirtschaft 54 (1974), 557;
59. INGRAM, M.:
Probleme bei der Verwendung von Nitrit.
Fleischwirtschaft 57 (1977), 211;
60. KASPER, W., und R. KISSINGER:
Die moderne Pökelwaren-Herstellung in Theorie
für die Praxis.
Fleischwirtschaft 56 (1976), 1742;
61. KEMP, J.D., B.E. LANGLOIS and J.D. FOX:
Composition, quality and microbiology of dry-
cured hams produced from previously frozen
green hams.
J. Food Sci. 43 (1978), 860;
62. KEMP, J.D., B.E. LANGLOIS, J.D. FOX and
W.Y. VARNEY:
Effects of curing ingredients and holding times
and temperatures on organoleptic and microbio-
logical properties of dry-cured sliced ham.
J. Food Sci. 40 (1975), 634;

63. KEMP, J.D., B.E. LANGLOIS, M.B. SOLOMON and J.D. FOX:
Quality of boneless dry-cured ham produced with or without nitrate, nettig or potassium sorbate.
J. Food Sci. 44 (1979), 914;
64. KESZTHELYI, G.:
Anwendungstechnische Fragen bei der Würzung mit Hilfe von Essenzen.
Lebensmittel-Technologie und -Verfahrenstechnik (ZFL) 31 (1980), 2, 53;
65. KOCH, H.:
Die Fabrikation feiner Fleisch- und Wurstwaren.
Verlagshaus Sponholz, Frankfurt am Main 1978;
66. KOLLER, R.:
Salz, Rauch und Fleisch.
Verlag "Das Bergland-Buch", Salzburg 1941;
67. KORHONEN, R.W., J.O. REAGAN, J.A. CARPENTER, D.R. CAMPION and K.V. STRIBLING:
Effects of initial ham quality and other variables on processing yield and smoke deposition.
J. Food Sci. 43 (1978), 856;

68. KÖRMENDY, L., und G. GANTNER:
Zur Technologie des Pökeln in der Fleisch-
industrie.
Z. Lebensm.-Unters. Forsch. 107 (1958), 313;
69. KÖRMENDY, L., and G. GANTNER:
Correlations between the pH value of meat and
the diffusion of salt.
J. Sci. Food Agric. 11 (1960), 377;
70. KOTTER, L.:
Zusammenhänge zwischen Räucherung und Ranzig-
werden. Ist die Räucherung bei der Herstellung
von Dauerwaren entbehrlich?
Der Fleischverarbeitende Betrieb 1 (1954), 3;
71. KOTTER, L.:
Grundsätzliches über das Wesen des Pökeln.
Vieh- und Fleischwirtschaft 1954, 157;
72. KOTTER, L.:
Zur Salpeterverwendung bei Fleischwaren.
Mitt. GDCh. - Fachgr. Lebensmittelchem. und
gerichtl. Chemie 13 (1959), 169;
73. KOTTER, L., O. PRÄNDL, B. ROLLE und G. TERPLAN:
Zur Verwendung von Nitritpökelsalz und Salpeter
bei der Fleischverarbeitung.
Arch. Lebensmittelhyg. 9 (1958), 217;

74. KOTTER, L., und H. SCHMIDT:
Zur Problematik der Anwendung von Pökelfstoffen
bei Fleisch-Erzeugnissen.
Z. Lebensmittel-Technologie und -Verfahrenstechnik
(ZFL) 31 (1980), 2, 53;
75. KOTTER, L., und G. TERPLAN:
Neue Erkenntnisse bei der Herstellung von
Fleischwaren unter besonderer Berücksichtigung
der verfügbaren und zulassungsbedürftigen
Zusatzstoffe.
Arch. Lebensmittelhyg. 12 (1961), 169;
76. KRASSIKOWA, W.J., N.D. LICHONOSSOWA,
W.J. MARUSCHKINA, E.K. KARASSEWITSCH, L.P. ERMAKOWA,
R.J. SERKOWA und N.W. LUDANOWA:
Studium des Mikroflora-Metabolismus in Schinken.
IX. Europ. Fleischforscher-Kongreß, Budapest 1963
ref. in: Fleischwirtschaft 15 (1963), 1004;
77. KRYLOWA, N.N., und Ju.N. LJASKOWSKAJA:
Biochemie des Fleisches.
Fachbuchverlag, Leipzig 1972;
78. KUCHARKOWA, L.L., L.P. LAWROWA, E.M. FREIDLIN,
S.N. KOSTRULINA, P.W. PEROWA und L.A. BUSCHKOWA:
Die Mikroflora in Aufgußlaken bei der Herstellung
von Räucherschinken und Bacon.
10. Int. Kongreß d. Fleischforschungsinst.,
Roskilde/Dänemark 1974;
ref. in: Fleischwirtschaft 45 (1965), 141;

79. LABUZA, T.P., L. McNALLY, D. GALLAGHER,
J. HAWKES and F. HURTADO:
Stability of intermediate moisture foods.
1. Lipid oxidation.
J. Food Sci. 37 (1972), 154;
80. LAWRIE, R.A.:
Fleischkunde.
BLV Verlagsgesellschaft, München-Basel-Wien 1970;
81. LEISTNER, L.:
Bakterielle Vorgänge bei der Pökellung von Fleisch.
I. Der Keimgehalt von Pökellaken.
Fleischwirtschaft 10 (1958), 74;
82. LEISTNER, L.:
Bakterielle Vorgänge bei der Pökellung von Fleisch.
II. Günstige Beeinflussung von Farbe, Aroma
und Konservierung des Pökelfleisches durch
Mikroorganismen.
Fleischwirtschaft 10 (1958), 226;
83. LEISTNER, L.:
Bakterielle Vorgänge bei der Pökellung von Fleisch.
III. Die Verderbnis von Pökellaken.
Fleischwirtschaft 10 (1958), 530;

84. LEISTNER, L., und Z. BEHM:
"Wasseraktivität" - ein bedeutender Faktor für
den Verderb und die Reifung von Fleischwaren.
Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleisch-
forschung, Kulmbach, Nr. 22 (1968), 704;
85. LEISTNER, L., und S. KARAN-DJURDIĆ:
Messung der Wasseraktivität von Fleischwaren
unter Praxisbedingungen.
Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleisch-
forschung, Kulmbach, Nr. 26 (1969), 924;
86. LEISTNER, L., und F. WIRTH:
Bedeutung und Messung der Wasseraktivität
(a_w -Wert) von Fleisch und Fleischwaren.
Fleischwirtschaft 52 (1972), 1335;
87. LINKE, H., und W. RÖDEL:
Möglichkeiten der Qualitätsbeurteilung von
Rohschinken.
Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleisch-
forschung, Kulmbach, Nr. 68 (1980), 4065;
88. LÜCKE, F.-K., und L. LEISTNER:
Temperaturanforderungen an Fleischerzeugnisse
mit vermindertem Nitritgehalt.
Fleischerei 30 (1979), 692;

89. MacDOUGALL, D.B.:
The colour stability of vacuum packed
Wiltshire bacon cured with diminishing
quantities of nitrite.
20. Europ. FFK, Dublin 1974, Abstracts and
Communications, S. 153;
90. MATHEY, R.:
Nitrit-/Nitrat-Abbau in Rohpökelwaren in
Abhängigkeit von verschiedenen Pökelhilfs-
stoffen.
Fleischwirtschaft 59 (1979), 1639;
91. MILLER, R.C., and P.T. ZIEGLER:
The progress of the distribution of salt in
ham during the curing process.
J. Agric. Research 3 (1936), 225;
92. MILLS, F., C.E. WEIR and G.D. WILSON:
The effect of sugar on the flavor and color
of smoked hams.
Food Technol. 14 (1960), 94;
93. MIRNA, A., und K. CORETTI:
Über den Verbleib von Nitrit in Fleischwaren.
II. Untersuchungen über chemische und
bakteriostatische Eigenschaften verschiedener
Reaktionsprodukte des Nitrits.
Fleischwirtschaft 54 (1974), 507;

94. MIRNA, A., und K. CORETTI:
Über die mikrobiologische Wirksamkeit von
Zuckerabbauprodukten in Fleischerzeugnissen.
Fleischwirtschaft 57 (1977), 1587;
95. MIRNA, A., und K. HOFMANN:
Über den Verbleib von Nitrit in Fleischwaren.
I. Umsetzung von Nitrit mit Sulfhydryl-
Verbindungen.
Fleischwirtschaft 49 (1969), 1361;
96. MÖHLER, K.:
Zur Bestimmung des Pökelfarbstoffes.
Z. Lebensmittel-Unters. Forsch. 108 (1958), 20;
97. MÖHLER, K.:
Reaktionsprodukte von Nitrit und Nitrat
in Fleischerzeugnissen.
Z. Lebensm.-Unters. Forsch. 125 (1964/65), 337;
98. NEITZERT, W.A.:
Kunststoffe als Packstoffe und Packmittel.
Neue Verpackung 31 (1978), 957;
99. NEITZERT, W.A.:
Verbundmaterialien.
Neue Verpackung 33 (1980), 1541;

100. PALITZSCH, A., und L. KOTTER:
Die Wirkung von Salpeter bei der Pökellung
von Fleisch.
Fleischwirtschaft 50 (1970), 562;
101. PALITZSCH, A., H. SCHULZE, G. LOTTER und
A. STEICHELE:
Untersuchungen über die Wirkung von Natur-
gewürzen, Gewürzextrakten, ätherischen Ölen,
Extraktionsrückständen und synthetischen
Antioxydantien auf den Abbau von Schweinefett
und Modell-Lipiden.
III. Mitteilung.
Fleischwirtschaft 54 (1974), 63;
102. PANETSOS, A.G.:
Hygiene trofimon zoikis proeleuseos.
Band A und B, 3. Auflage,
Universität Thessaloniki, 1967;
103. PARTMANN, W.:
Effect of low temperature, sodium nitrit,
sodium chloride and formaldehyde on the
apyrase system of the musculat tissue.
Food Res. 22 (1957), 51;
104. PATTON, J., and D.C. WILSON:
Nitrate reducing organisms in bacon curing
brines.
11. Europ. FFK, Belgrad, 1965;

105. PFEIL, E., und H.U. LIEPE:
Nitrat, Nitrit und Bakterien bei der Herstellung
von Rohpökelfwaren.
Fleischwirtschaft 54 (1974), 1717;
106. POLYMENIDIS, A.:
Möglichkeiten zur Hebung der Qualität
griechischer Fleisch-Erzeugnisse, insbe-
sondere Wurstwaren, unter Berücksichtigung
des Standes der Fleischtechnologie.
Habilitationsschrift, Verlagshaus Ioannis
Fokianakis, Thessaloniki Griechenland 1977;
107. PRÄNDL, O.:
Die Bedeutung der Kohlenhydrate für die Fleisch-
verarbeitung.
Fleischwirtschaft 13 (1961), 49;
108. PRÄNDL, O.:
Nitrat- und Nitritdosierung bei der Naß-
pökung.
Fleischwirtschaft 60 (1980), 1798;
109. RADTKE, R., P. SMITS und R. HEISS:
Über den Einfluß von Licht verschiedener
Intensität und Wellenlängenbereiche auf den
oxydativen Verderb von Speiseölen.
II.: Versuchsergebnisse und Diskussion.
Fette-Seifen-Anstrichmittel 72 (1970), 497;

110. REITH, J.F., and M. SZAKALY:
Formation and stability of nitric oxide
myoglobin.
I. Studies with modell systems.
J. Food Sci. 32 (1967), 188;
111. REMMERS, J., und J. KOWITZ:
Rohschneider. Qualität und Abtrocknung von
Schinken.
Fleischwirtschaft 61 (1981), 48;
112. REUTER, H.:
Salzen und Pökeln.
Fleischwirtschaft 56 (1976), 1419;
113. RISTOW, R.:
Höchstgehalte für Pökelstoffe in Fleisch-
erzeugnissen.
Fleischwirtschaft 48 (1968), 1588;
114. RIVIERE, J.:
Trasformazione dei nitrati in nitriti nelle
salagioni.
Ind. Ital. Conserve 25 (1950), 39;
115. RÜDEL, W.:
Der a_w -Wert - ein wichtiger Faktor für die
Praxis der Fleischwaren-Herstellung.
Fleischerei 24 (1973), H. 6, S. 44;

116. RÜDEL, W., und K. KRISPIEN:
Veränderungen des a_w -Wertes von Fleisch und
Fleischerzeugnissen in Abhängigkeit von der
Lagerungstemperatur.
Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleisch-
forschung, Kulmbach, Nr. 56 (1977), 3083;
117. RÜDEL, W., K. KRISPIEN und G. HOFMANN:
Bedeutung und Messung der Oberflächen-Wasser-
aktivität von Fleisch und Fleischerzeugnissen.
Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleisch-
forschung, Kulmbach, Nr. 68 (1980), 4103;
118. RÜDEL, W., K. KRISPIEN und L. LEISTNER:
Messung der Wasseraktivität (a_w -Wert) von
Fleisch und Fleischerzeugnissen.
Fleischwirtschaft 59 (1979), 831;
119. SACHAROW, S.:
Die Vakuumverpackung gepökelten Fleisches.
Fleischwirtschaft 46 (1966), 1110;
120. SACHAROW, S.:
Vakuumverpackter Baconschinken.
Fleischwirtschaft 46 (1966), 1217;
121. SHAW, B.G.:
Bacterial stability of vacuum packed Wiltshire
bacon cured with and without nitrate.
20. Europ. FFK, Dublin 1974, S. 114;

122. SCHEID, D.:
Probleme bei der Rohschinken-Herstellung.
Fleischerei 28 (1977), H. 3, S. 15;
123. SCHEID, D.:
Fachtheoretische Hinweise zum Pökeln.
Fleischerei 28 (1977), H. 8, S. 38;
124. SCHEID, D.:
Ausgewählte Probleme bei der Umrötung von
Fleisch- und Wurstwaren.
Fleischerei 28 (1977), H. 10, S. 38 und 73;
125. SCHEID, L.:
Rationelles Pökeln.
2. Aufl.
Handwerker-Verlagshaus Hans Holzmann,
Bad Wörishofen 1959;
126. SCHULZE, H.:
Wirkungen von Gewürzen und Gewürzbestandteilen
in Fleischerzeugnissen - unter besonderer
Berücksichtigung technologischer Effekte.
Arch. Lebensmittelhyg. 22 (1971), 160;
127. SMITS, P., K. BECKER und R. HEISS:
Über den Einfluß von Licht verschiedener
Intensität und Wellenlängenbereiche auf
den oxydativen Verderb von Speiseölen. I.
Fette-Seifen-Anstrichmittel 72 (1970), 490;

128. STOECKHERT, K.:
Kunststoffe als Packstoffe und Packmittel.
Neue Verpackung 29 (1976), 1135;
129. TÄNDLER, K., H. HÄHNE und H. PÖLLEIN:
Kältestabilität und Lagerstabilität von
Naturgewürzen, Gewürzextrakten und Würz-
stoffen in tiefgefrorenen Fleisch-Soße-
Gerichten.
Fleischwirtschaft 57 (1977), 1928;
130. TÄNDLER, K., und R. HEISS:
Empfehlungen für die Verpackung gepökelter
bzw. gesalzener Fleischerzeugnisse.
Fleischwirtschaft 50 (1970), 1634;
131. TERPLAN, G.:
Biologische, chemische und physikalische
Vorgänge bei der Herstellung von gepökelten
und gereiften Fleischwaren.
Habilitationsschrift, Gerhard Röttger Verlag,
München 1969;
132. THIESSEN, F.:
Das Hitzeverhalten von Naturgewürzen und
Gewürzessenzen.
Fleischwirtschaft 50 (1970), 813;

133. VRCHLABSKY, J., und L. LEISTNER:
Beziehung zwischen Wasseraktivität und
Wasserbindung von Rind- und Schweine-
fleisch.
Fleischwirtschaft 50 (1970), 967;
134. WATTS, B.M., A.M. ERDMAN and J. WENTWORTH:
Relation of free sulphhydryl groups to cured
meat color.
J. Agric. Food Chem. 3 (1955), 147;
135. WATTS, B.M., and B.T. LEHMANN:
Ascorbic acid and meat color.
Food Technol. 6 (1952), 194;
136. WIDEMANN, H.:
Schweinefleisch vakuumverpackt.
Fleischerei 28 (1977), H. 1, S. 30;
137. WIDEMANN, H.:
Fehler bei der Vakuumverpackung von Frisch-
fleisch, Wurstwaren und Fleischwaren.
Fleischerei 28 (1977), H. 7, S. 47;
138. WIESEL, V.:
Vakuumverpackung von Fleisch und Wurstwaren.
Fleischerei 30 (1979), 553;

139. WINTER, F.F.:

Die verschiedenen Pökelfverfahren - praktische
Tips zur Herstellung schmackhafter Erzeugnisse.
Teil I.

Fleischerei 31 (1980), 130;

140. WINTER, F.F.:

Die verschiedenen Pökelfverfahren - praktische
Tips zur Herstellung schmackhafter Erzeugnisse.
Teil II.

Fleischerei 31 (1980), 190;

141. WIRTH, F.:

Vorteile der Vakuumanwendung.

Fleischerei* 18 (1967), H. 7, S. 6;

142. WIRTH, F.:

Technologie bei DFD-Fleisch.

Fleischwirtschaft 56 (1976), 988;

143. WIRTH, F.:

Nitrit und Nitrat zur Pökellung roher
Fleischwaren.

Kulmbacher Woche 1977, S. 28;

144. WIRTH, F.:

Der pH-Wert bei Fleischauswahl und Fleisch-
warenherstellung in Praxis.

Fleischerei 29 (1978), H. 4, S. 42;

145. WIRTH, F.:
Nitrit und Nitrat in erhitzten und rohen gepökelten
Fleischerzeugnissen.
Fleischerei 31 (1980), 21;
146. WIRTH, F.:
Nitrit und Nitrat in Rohschinken.
Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleisch-
forschung, Kulmbach, Nr. 68 (1980), 4055;
147. WIRTH, F., L. LEISTNER und W. RÖDEL:
Richtwerte der Fleischtechnologie.
Verlagshaus Sponholz, Frankfurt am Main;
148. WISMER-PEDERSEN, J.:
Quality of pork in relation to rate of ph
change post mortem.
Food Res. 24 (1959), 711;
149. WOOD, F.W.:
The diffusion of salt in pork muscle and fat
tissue.
J. Sci. Fd. Agric. 17 (1966), 138;
150. WYLER, O.O.:
Hilfs- und Zusatzstoffe und ihr Einfluß auf
Technologie und Qualität von Fleischwaren.
Fleischwirtschaft 52 (1972), 727;

151. ZATOCIL, O.:

Zur Frage der Nitritwirkung in Fleischwaren.

Fleischwirtschaft 15 (1963), 798;

152. ZATOCIL, O.:

Beziehungen zwischen den enzymatischen und nichtenzymatischen Prozessen bei der Nitrat- und Nitritreduktion in gepökeltem Fleisch und Fleischprodukten.

Veterinárni medicina 19 (1974), 423;

ref. in: Fleischwirtschaft 56 (1976), 994.

Am Ende meiner Arbeit danke ich Herrn Professor Dr. Dr. h.c. L. Kotter für die Überlassung des Themas.

Für intensive Beratung und kritische Durchsicht des Manuskripts danke ich ihm und den Herren Dr. Helmut Basel, Hansjörg Fähnle und ebenfalls Herrn Akad.Dir. Dr. Günter Krauß.

Fräulein Theresia Juffinger bin ich wegen ihres Einsatzes bei der Durchführung der Versuche verpflichtet.

Der Firma Marox-Fleischwarenfabrik GmbH in Rosenheim danke ich für die großzügige Überlassung von Untersuchungsmaterial.

LEBENS LAUF

Am 2.4.1953 wurde ich, Konstantinos ZOULFOS, als Sohn des Arztes Dimitrios ZOULFOS und seiner Ehefrau Aphrodite, geb. GRAMMOUSTIANOU, in Elasson/Griechenland geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule in Elasson und des 3. Lyzeums in Thessaloniki legte ich 1971 die Reifeprüfung ab.

Im Winter 1972/73 begann ich mit dem Studium der Veterinärmedizin an der Aristoteles-Universität in Thessaloniki, das ich 1978 mit der Tierärztlichen Prüfung abschloß.

1979-1980 absolvierte ich einen Deutschkurs für Ausländer an der Universität München, dessen Abschlußprüfung ich mit Erfolg bestand. Im SS 1980 und WS 1980/81 war ich an der Universität München immatrikuliert.

1980 und 1981 war ich mit der Anfertigung der Dissertation am Institut für Hygiene und Technologie der Lebensmittel tierischen Ursprungs der Tierärztlichen Fakultät der Universität München beschäftigt.

Seit März 1982 bin ich beim o.a. Institut als wissenschaftlicher Assistent tätig.

